



Universidad
Carlos III de Madrid

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de una línea de montaje de cajas de transmisión para vehículos agrícolas

Autor:	Silvia del Rosario Cubero
Titulación:	Grado de Ingeniería Mecánica
Tutor:	José Antonio Calvo Ramos
Cotutor:	Juan Ignacio García



Universidad
Carlos III de Madrid



Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi familia y amigos el apoyo que me han mostrado durante los meses que ha durado la realización de este proyecto y a mis padres, en particular, la comprensión que han tenido conmigo en todo momento.

Además, quisiera agradecer a mi tutor José Antonio Calvo los consejos que me ha dado para poder realizar lo mejor posible este trabajo.

Al mismo tiempo, quiero dar las gracias a mi tutor Jon García por darme la oportunidad de aprender con esta beca en John Deere, además de todo lo que me ha enseñado tanto en lo profesional como en lo personal.

Por último, agradezco a toda la gente que he tenido la suerte de conocer durante mis prácticas en John Deere por ayudarme directa o indirectamente con la realización de este proyecto: mis compañeros de Cajas Pesadas, el equipo con el que he llevado a cabo este proyecto y el resto de becarios con los que he compartido el día a día.

“La gota horada la piedra, no por su fuerza sino por su constancia”

Ovidio



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	10
1.1	Introducción	10
1.2	Antecedentes	13
1.3	Objetivos.....	14
1.4	Estructura del proyecto	15
2	SECTOR Y MAQUINARIA AGRÍCOLA	19
2.1	Sector agrícola mundial.....	19
2.2	Maquinaria agrícola en España.....	20
2.2.1.	Máquinas arrastradas o suspendidas.....	21
2.2.2.	Tractores.....	22
2.2.3.	Máquinas automotrices	25
3	DEERE & COMPANY.....	30
3.1	Historia	30
3.2	Deere & Company en la actualidad.....	31
3.3	JOHN DEERE IBÉRICA S.A.	32
3.3.1.	Historia.....	32
3.3.2.	Factoría de Getafe	33
3.3.3.	Organización de John Deere Ibérica	34
3.3.4.	Productos de las minifábricas	36
3.3.4.1.	Minifábrica de cajas pesadas de transmisión	36
3.3.4.2.	Minifábrica de cajas ligeras de transmisión	37
3.3.4.3.	Minifábrica de mandos finales.....	38
3.3.4.4.	Minifábrica de ejes y engranajes.....	40
4	CAJA DE TRANSMISIÓN DE 5 VELOCIDADES	43



4.1	Descripción	43
4.2	Funcionamiento	46
4.3	Características mecánicas	50
4.3.1.	Embragues	50
4.3.2.	Engranajes cilíndricos rectos	52
4.3.3.	Engranajes cónicos helicoidales.....	53
4.3.4.	Reglajes.....	54
5	<i>SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE MONTAJE.....</i>	59
5.1	Descripción de la línea de montaje.....	59
5.2	Proceso de montaje	66
5.3	Sistema de tiempos.....	67
5.3.1.	Obtención del tiempo estándar de proceso	70
5.3.2.	Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura de la línea inicial.....	72
5.4	Carga de máquina	72
5.4.1.	Carga de máquina de la línea de montaje inicial.....	73
5.5	Capacidad de producción de la línea inicial.....	76
5.6	Requerimientos de producción.....	77
6	<i>SISTEMA DE TRANSPORTE POR INDUCCIÓN.....</i>	80
6.1	Sistema AGV (Automated Guide Vehicle)	80
6.1.1.	Características	81
6.1.2.	Ventajas de los sistemas AGV.....	83
6.2	Sistema de transporte por inducción	83
6.2.1.	Ventajas del sistema.....	84
6.2.2.	Componentes del sistema de inducción.....	85
6.2.3.	Componentes del sistema de seguridad.....	88
6.2.3.1.	Paros de emergencia.....	88
6.2.3.2.	Escáner	89
6.2.3.3.	Pulsador de Hombre-Muerto.....	90



6.2.3.4. Bumper.....	90
6.2.3.5. Controlador de los elementos de seguridad en el carro.....	91
6.2.4. Funcionamiento.....	91
6.2.5. Modos de funcionamiento	97
6.2.5.1. Línea principal	97
6.2.5.2. Carros	97
6.3 Sistema de trazabilidad	98
6.3.1. Pantalla inicial	98
6.3.2. Menú general	99
6.3.3. Montaje	100
6.3.4. Transferencia de datos con el sistema de transporte por inducción.....	102
6.3.5. Comunicación entre el sistema de inducción y trazabilidad	105
 7 PLAN DE MONTAJE EN NUEVA LÍNEA.....	 109
7.1 Fases de ejecución del proyecto	109
7.2 Plan de montaje en línea de contingencia.....	114
7.2.1. Descripción de la línea de montaje de contingencia.....	115
7.2.2. Proceso de montaje en degradado	116
7.2.3. Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura en degradado	118
7.3 Descripción de la nueva línea de montaje.....	118
7.3.1. Zona de premontajes.....	121
7.3.2. Zona de montaje final	122
7.3.2.1. Montaje final 1	122
7.3.2.2. Montaje final 2	125
7.3.2.3. Montaje final 3.....	129
7.3.2.4. Montaje final 4.....	132
7.3.3. Zona de banco de prueba	136
7.3.4. Zona de reproceso.....	137
7.4 Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura en la nueva línea	
7.4.1. Tiempos estándar de reproceso	141



7.5	Capacidad de producción de la nueva línea de montaje.....	141
7.6	Modificaciones y mejoras.....	142
7.6.1.	Seguridad	142
7.6.2.	Calidad.....	143
7.6.3.	Productividad.....	144
8	<i>ESTUDIO ECONÓMICO.....</i>	147
8.1	Presupuesto	147
8.1.1.	DSV	148
8.1.2.	Ferrosier	149
8.1.3.	Reinosa.....	149
8.1.4.	MSAP	150
8.1.5.	JDISA.....	151
8.2	Ahorros obtenidos	151
8.2.1.	Mano de obra con nocturnidad	151
8.2.2.	Mano de obra en reproceso de cajas.....	152
8.2.3.	Mano de obra en bajas laborales	152
8.3	Resumen económico	153
9	<i>CONCLUSIONES.....</i>	156
	<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	159
	<i>ANEXO I.....</i>	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cadena de montaje	10
Figura 2.1. Reparto de marcas de tractores	24
Figura 2.2. Tractores nuevos inscritos.....	25
Figura 2.3. Reparto de ventas de maquinaria automotriz según marca	27
Figura 2.4. Evolución de ventas de maquinaria automotriz.....	28
Figura 3.1. Logotipo Deere & Company	30
Figura 3.2. Localización de centros productivos de John Deere	32
Figura 3.3. Factoría de John Deere Ibérica.....	33
Figura 3.4. Organigrama John Deere Ibérica.....	35
Figura 3.5. Organigrama minifábricas.....	35
Figura 3.6. Organigrama productos de las minifábricas.....	36
Figura 3.7. Productos montados en minifábrica de Cajas Pesadas	37
Figura 3.8. Productos montados en minifábrica de Cajas Ligeras	38
Figura 3.9. Zona de pintura en minifábrica de Mandos Finales.....	39
Figura 3.10. Productos montados en minifábrica de Mandos Finales.....	40
Figura 3.11. Productos fabricados minifábrica Ejes y Engranajes	41
Figura 4.1. Caja de transmisión de 5 velocidades	43
Figura 4.2. Conjunto interior de la caja de transmisión de 5 velocidades.....	44
Figura 4.3. Parte delantera de una cosechadora.....	45
Figura 4.4. Corte de la caja de transmisión de 5 velocidades.....	47
Figura 4.5. Explosionado del embrague C2.....	50
Figura 4.6. Esquema representativo de engranajes helicoidales en transmisión de 5 velocidades.....	52
Figura 4.7. Engranajes cónicos	53
Figura 4.8. Esquema representativo de engranajes cónicos en transmisión de 5 velocidades.....	54
Figura 4.9. Vida útil de los rodamientos en función de la carga aplicada.....	55
Figura 4.10. Backlash entre dientes de engranajes cónicos	56
Figura 5.1. Layout de la línea de montaje inicial.....	61
Figura 5.2. Caminos de rodillos premontajes-montaje final	62
Figura 5.3. Camino de rodillos montaje final-banco de prueba	63

Figura 5.4. Pantalla de trazabilidad	64
Figura 5.5. Poka-Yoke.....	65
Figura 5.6. Prensas para los premontajes de ejes, eje de entrada y embragues..	66
Figura 5.7. Diagrama de Tiempos M, D y R.....	69
Figura 5.8. Hoja de toma de tiempos.....	70
Figura 5.9. Hoja de toma de tiempos.....	71
Figura 5.10. Requerimientos de producción año fiscal 2012	74
Figura 5.11. . Requerimientos de producción año fiscal 2013.....	77
Figura 6.1. Sistema AGV.....	81
Figura 6.2. Componentes del sistema de inducción	85
Figura 6.3. Motor de avance del carro	86
Figura 6.4. Componentes del sistema de avance del carro	87
Figura 6.5. Posición de los puestos en la línea.....	87
Figura 6.6. Pulsador de parada de emergencia en báculo.....	88
Figura 6.7. Pulsador de parada de emergencia en el carro	89
Figura 6.8. Escáner	89
Figura 6.9. Pulsador de hombre-muerto	90
Figura 6.10. Controlador de elementos de seguridad en el carro	91
Figura 6.11. Botones del armario principal	92
Figura 6.12. Botones del armario de seguridad del carro	93
Figura 6.13. Cilindro de enclavamiento	93
Figura 6.14. Pulsador bimanual.....	94
Figura 6.15. Baliza con luces andón.....	95
Figura 6.16. Kit con rodamiento y pista esclavos.....	95
Figura 6.17. Desviador de la línea.....	96
Figura 6.18. Pantalla inicial de trazabilidad.....	99
Figura 6.19. Pantalla de menú general en trazabilidad.....	99
Figura 6.20. Pantalla de trazabilidad para introducir el tipo de defecto.....	101
Figura 6.21. Pantalla de trazabilidad de caja defectuosa.....	101
Figura 6.22. Pantalla de trazabilidad de cancelación de datos	102
Figura 6.23. Pantalla de trazabilidad de aceptación de datos.....	102
Figura 6.24. Pantalla de trazabilidad de información de pérdida de comunicación	103

Figura 6.25. Pantalla de trazabilidad de "carro no disponible"	103
Figura 6.26. Pantalla de trazabilidad de "puesto vacío"	104
Figura 6.27. Pantalla de trazabilidad de "error en el estado del kit a la entrada".	104
Figura 6.28. Pantalla de trazabilidad de "error en el estado del kit a la salida" ...	105
Figura 6.29. Diagrama de flujo de operaciones	106
Figura 7.1. Planificación del proceso de implementación de la nueva línea de montaje.....	110
Figura 7.2. Protección de la minifábrica de suciedad debido a la obra civil.....	112
Figura 7.3. Obra civil	112
Figura 7.4. Nueva línea de montaje en cadena de transmisiones de 5 velocidades	113
Figura 7.5. Layout de la línea de contingencia	115
Figura 7.6. Carro para el traslado de premontajes hasta línea de contingencia..	116
Figura 7.7. Carro de traslado de premontajes con un juego de premontajes	117
Figura 7.8. Layout de la nueva línea.....	120
Figura 7.9. Carro a la llegada al puesto 1	123
Figura 7.10. Ubicación en el carro para eje de entrada	124
Figura 7.11. Carro a la llegada al puesto 2.....	125
Figura 7.12 Tapas de cierre lateral del lado de la polea	126
Figura 7.13. Tapa de fundición con rodamiento de bolas	127
Figura 7.14. Tapa de fundición	127
Figura 7.15. Pista ubicada en eje de salida de la polea.....	128
Figura 7.16. Reglaje eje de salida de la polea	128
Figura 7.17. Carro a la llegada al puesto 3.....	130
Figura 7.18. Regale eje de salida del cuerpo de válvulas.....	130
Figura 7.19. Introducción en tapa de aluminio del cojinete y la pista	131
Figura 7.20. Carro a la llegada al puesto 4.....	132
Figura 7.21. Reglaje eje de entrada.....	133
Figura 7.22. Pantalla de trazabilidad en puesto 4	133
Figura 7.23. Prueba de fugas de aire	134
Figura 7.24. Carro para el traslado de poleas.....	135
Figura 7.25. Banco de pruebas hidráulicas y de rodadura.....	136
Figura 7.26. Caja de transmisión en banco de prueba.....	137

Figura 7.27. Camino de rodillos y volteador en reproceso	139
Figura 7.28. Puesto de montaje en reproceso	139
Figura 7.29. Posiciones del escáner.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Maquinaria inscrita en 2011	20
Tabla 2.2. Inversión de maquinaria inscrita en 2011	21
Tabla 2.3. Reparto de marcas de tractores.....	23
Tabla 2.4. Reparto de ventas de maquinaria automotriz según marca	26
Tabla 4.1. Relaciones de transmisión de la caja de 5 velocidades	49
Tabla 4.2. Componentes de embragues.....	51
Tabla 5.1. Datos mensuales de carga de máquina durante 2012	75
Tabla 7.1. Empresas que participan en el proyecto	114
Tabla 8.1. Detalles de la inversión en la nueva línea de montaje	147
Tabla 8.2. Presupuesto DSV	148
Tabla 8.3. . Presupuesto Ferroser	149
Tabla 8.4. Presupuesto Reinososa	149
Tabla 8.5. Presupuesto MSAP	150
Tabla 8.6. Presupuesto JDISA	151
Tabla 8.7. Resumen de costes.....	153
Tabla 8.8. Resumen de ahorros	154
Tabla 9.1. Resumen del aumento de productividad.....	156



Capítulo 1: Introducción

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El origen de la cadena de montaje se remonta a la segunda mitad del siglo XIX, cuando algunos empresarios de la construcción motorística y maquinaria agrícola subdividieron el trabajo de montaje en pequeñas operaciones sucesivas. Éstas eran realizadas por diferentes operarios situados al lado de unos carriles sobre los que la máquina, empujada o arrastrada por sistemas mecánicos, avanzaba a baja velocidad.



Figura 1.1. Cadena de montaje

La primera línea de montaje en la industria automovilística fue debida a Henry Ford en el año 1913. Su primera cadena de montaje de automóviles se basaba en 3 principios: la racionalización de las operaciones necesarias para el montaje, el empleo de bandas de transporte y procesos que facilitasen el desplazamiento de los componentes y la utilización de cadenas de montaje que permitieran trasladar los automóviles en fabricación hasta la posición que ocupan los operarios, y no al revés. Se puede resumir la idea del “Fordismo” en:

- Producción en serie.

- Aumento de la división del trabajo.
- Profundización del control de los tiempos productivos del obrero.
- Reducción de costos y aumento de la circulación de la mercancía e interés por el aumento de poder adquisitivo de los asalariados.
- Políticas de acuerdo entre los sindicatos obreros y el capitalista.

Tras la crisis del petróleo en 1973, apareció un nuevo sistema como modelo referencial en el montaje en cadena, iniciado en Japón por el fundador de Toyota, su hijo y el ingeniero Taiichi Ohno. Este nuevo sistema se distingue del promovido por Ford en la idea de trabajo flexible, aumento de la productividad a través de la gestión y organización (just in time) y el trabajo combinado que supera la mecanización e individualización del trabajo. Sumado a lo anterior, éstas son algunas otras de sus características:

- Se produce a partir de los pedidos hechos a la fábrica (demanda), que ponen en marcha la producción.
- La eficacia del método japonés está dado por los llamados “cinco ceros”: cero error, cero avería (rotura de una máquina), cero demora, cero papel (disminución de la burocracia de supervisión y planeamiento) y cero existencias (significa no inmovilizar capital en stock y depósito, es decir, sólo producir lo que ya está vendido, no almacenar ni producir en serie como en el fordismo).
- La fabricación de productos muy diferenciados y variados en bajas cantidades. (No como el fordismo que producía masivamente un solo producto).
- Un modelo de fábrica mínima, con un personal reducido y flexible.
- Un trabajador multifuncional que maneje simultáneamente varias máquinas diferentes.
- La adaptación de la producción a la cantidad que efectivamente se vende: producir lo justo y lo necesario.

- La automatización, que introduce mecanismos que permiten el paro automático de máquinas defectuosas, para evitar desperdicios y fallos.

Con la introducción de mejoras e innovaciones, sobre todo desde el punto de vista de la reducción de la fatiga física, la cadena de montaje es aún el instrumento fundamental para la construcción del automóvil moderno. El trabajo en la cadena, incluso si se considera el clásico trabajo manual, repetido mecánicamente y privado de intervenciones racionales, es un trabajo difícilmente imitable por las máquinas.

En definitiva, el hombre goza de una elasticidad mental y de una capacidad de juicio y de adaptación tan veloz que ninguna máquina puede imitarlo. La cadena de montaje, contrariamente a cuanto se cree, prevé una serie de operaciones donde la aportación humana, sobre todo en las valoraciones, en las elecciones y en los juicios, es insustituible.

Con el montaje en cadena se obtienen numerosas ventajas, tales como:

- Reducción de los stocks de los materiales, en cuanto que la toma de las piezas tiene lugar una a una;
- Reducción del recorrido efectuado por las piezas individuales antes de su utilización;
- Controles simplificados tanto cuantitativa como cualitativamente, ya que los grupos pasan por estaciones obligadas;
- Velocidad de montaje debida a la notable especialización del trabajo realizado en línea.

Este último punto, o sea la velocidad con que puede ser efectuada una operación, representa el dato más característico de la línea de montaje y es también el punto de partida para su proyecto.

1.2 Antecedentes

Este proyecto de desarrollo se realiza en colaboración con la empresa John Deere Ibérica, situada en Getafe, durante la realización de mis prácticas académicas. Durante este periodo he podido trabajar en diferentes ámbitos del campo de la ingeniería.

Mi ubicación es en una de las mini fábricas en las que se ensamblan cajas de transmisión pesadas, de más de 100 kg de masa.

Durante los primeros días de mi beca, mi dedicación diaria era la de aprender el proceso exacto del montaje de una de las cajas de transmisión, la caja de 5 velocidades.

Alternando esta función, me dediqué diariamente a hacer un control de la producción, la calidad y la seguridad de esta mini fábrica. En reuniones diarias, hacía un seguimiento de estos tres parámetros para comprobar que los objetivos se cumplían.

Desde poco antes de comenzar mi beca en John Deere, se vio un problema de capacidad de producción en la línea de montaje de la caja de 5 velocidades. Ésta se monta en una serie de referencias de cosechadoras que tiene un mercado cada vez mayor. Esto provoca un gran aumento de la demanda y una necesidad de aumento en la capacidad de la línea.

En aquel momento, esta línea estaba formada por:

- 3 puestos destinados al pre montaje de embragues y ejes.
- 2 puestos de trabajo independientes para el montaje final de la caja
- Un banco de rodadura donde se comprueba que la caja de transmisión no tiene desperfectos.

En esta línea de montaje trabajan 3 turnos diariamente de 4 operarios, más un 4º turno con 2 operarios que se dedican al reproceso de las cajas defectuosas.

Con lo citado anteriormente, la producción no superaba las 15 cajas de transmisión diarias. Además, hay que tener en cuenta que el cuello de botella de este montaje se encuentra en el proceso del montaje final.

Este problema llevó a plantear una nueva distribución de la línea, modificando lo que generaba esta limitación: la zona del montaje final.

Por lo tanto, se comenzó un proyecto para conseguir un aumento de la capacidad de la línea. En cuanto mis conocimientos sobre esta línea eran los adecuados, se me incorporó dentro del equipo encargado de llevar a cabo el proyecto. Gracias a esta incorporación, puedo llevar a cabo este proyecto

1.3 Objetivos

El siguiente proyecto, realizado en colaboración con la empresa John Deere Ibérica, trata sobre el nuevo diseño e implementación de una nueva línea de montaje de cajas de transmisión de 5 velocidades para cosechadoras.

La línea actual de montaje de cajas de transmisión de 5 velocidades no tiene la capacidad de montaje de los volúmenes previstos en los próximos años. Este problema, junto con otros relacionados con la seguridad y calidad del producto, son lo que promueven este proyecto de aumento de capacidad para poder cumplir con los requerimientos de producción futuros.

Los objetivos que se pretenden conseguir son los siguientes:

1. Duplicar la capacidad de la producción para poder cubrir los requerimientos de producción futuros.
2. Reducir la carga de máquina, pudiendo eliminar el turno de la noche, quedando únicamente 2 turnos diarios.

3. Aumentar el número de cajas válidas de un 95% a un 98% de las totales producidas.
4. Mejorar la seguridad del proceso reduciendo el número de incidentes y accidentes anuales de 5 a 2.

Estos objetivos pretenden aumentar la capacidad de producción de la línea de montaje, mejorar la seguridad de los operarios, la calidad del producto y la eficiencia del proceso.

1.4 Estructura del proyecto

- **Capítulo 1: Introducción**

En este primer capítulo se realiza una breve introducción de la situación de la que parte este proyecto y los objetivos que se pretenden conseguir.

- **Capítulo 2: Sector y maquinaria agrícola**

Esta parte del proyecto está dedicada al sector en el que se desarrolla el proyecto: el sector agrícola. Se da una visión general de las empresas competitivas del mercado agrícola y los productos que lo componen.

- **Capítulo 3: Deere & Company**

En el capítulo 3 se da una visión general sobre la empresa John Deere desde sus comienzos en 1837 hasta la actualidad. Además, se profundiza

en la explicación de la factoría de la compañía en Getafe (Madrid) donde se lleva a cabo este proyecto y los productos que se fabrican en ella.

- **Capítulo 4: Sector Caja de transmisión de 5 velocidades**

A continuación, se presenta el producto montado en la línea de montaje. Igualmente, se describe su funcionamiento y las características mecánicas más relevantes.

- **Capítulo 5: Situación inicial de la línea**

La distribución de la línea inicial se detalla en este capítulo, además del proceso de montaje unificado. A continuación, se describen los pasos a seguir para obtener los tiempos estándar del proceso, la carga de máquina de la línea y su capacidad máxima. Conjuntamente, se proporciona el valor de las variables anteriores.

- **Capítulo 6: Sistema de transporte por inducción**

La nueva línea desarrollada cuenta con unos carros de transporte de la caja de transmisión mediante un sistema de inducción. En el capítulo 6, se describe este sistema de transporte basado en los principios de la inducción. Asimismo, se especifican los componentes de los 5 carros de transporte que circulan por la línea y el funcionamiento de los mismos. Además de lo anterior, la línea de montaje cuenta con un sistema de trazabilidad que registra los valores variables de cada caja montada.

- **Capítulo 7: Plan de montaje en nueva línea**

En este capítulo se realiza un seguimiento de las fases de ejecución del proyecto de implementación de la nueva línea de montaje. Entre ellas está

el plan de montaje en degradado en una línea de contingencia con unos nuevos tiempos estándar y capacidad de la línea. Una vez implementada la nueva línea, se describe la distribución en la que está dispuesta y el proceso de montaje completo. Con el nuevo proceso de montaje, el tiempo estándar y la capacidad de la línea se ven modificados. Para finalizar este capítulo, se explican las modificaciones y mejoras relacionadas con la seguridad de las personas, la calidad del producto y la productividad de la línea.

- **Capítulo 8: Estudio económico**

En el capítulo 8 se realiza un estudio económico sobre los costes e inversiones realizadas y los ahorros que se han conseguido gracias a la implantación de la nueva línea.

- **Capítulo 9: Conclusiones**

Por último, en este capítulo se valora el cumplimiento de los objetivos de partida del proyecto.



Capítulo 2: Sector y maquinaria agrícola

2 SECTOR Y MAQUINARIA AGRÍCOLA

2.1 Sector agrícola mundial

Los mayores ecosistemas gestionados en el mundo son los agrícolas. Aproximadamente, un 35% de la superficie terrestre está destinada al cultivo y al pasto, esto es unos 5.000 millones de hectáreas.

La Organización Mundial de la Salud estima que en el año 2050 la población habrá aumentado en un 50 % desde el año 2000, siendo más prominentes en los países en desarrollo. Además, este estudio indica que la producción alimenticia será suficiente para satisfacer la demanda de la población.

Ante este pronóstico, el papel de la maquinaria agrícola juega un papel fundamental, ofreciendo un amplio mercado ante el supuesto aumento de clientes. Como dato de interés, en Estados Unidos el volumen de tractores es de 4.900.000 unidades con una extensión cultivable de 188.000.000 hectáreas.

Pese a que en los últimos años, la venta de tractores no ha tenido un gran aumento, el mercado sigue siendo amplio y cada vez más competitivo con nuevas tecnologías y diseños.

Las principales empresas a nivel mundial de venta de maquinaria agrícola son:

- Deere & Company
- Case/New Holland
- AGCO
- Caterpillar
- Claas

El sector de la maquinaria agrícola es muy especializado y de todas las ventas producidas anualmente, las 3 primeras compañías conforman el 50% de las ventas, siendo Deere & Company la empresa líder mundial en el sector.

2.2 Maquinaria agrícola en España

La agricultura en España ha alcanzado unos índices de mecanización bastante altos en las últimas décadas. Según los datos del Registro Oficial de Maquinaria Agrícola (ROMA) de todas las provincias de España en el año 2011, el número total de maquinaria agrícola inscrita en los Registros Oficiales fue de 30.672, dividiéndose como se muestra en Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Maquinaria inscrita en 2011

Tipo de Maquinaria	Unidades inscritas
Tractores	10.002
Motocultores y motomáquinas	366
Máquinas automotrices	1.187
Máquinas arrastradas o suspendidas	13.034
Remolques	5.720
Otras máquinas	363

El importe de la inversión correspondiente a la maquinaria inscrita, sin tener en cuenta el IVA, durante el año 2011 fue de 734 millones de euros, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 2.2. Inversión de maquinaria inscrita en 2011

Tipo de maquinaria	x10 ⁶ €
Tractores	421,8
Motocultores y motomáquinas	1,8
Máquinas automotrices	110,2
Máquinas arrastradas o suspendidas	152,6
Remolques	42,8
Otras máquinas	4,8

2.2.1. Máquinas arrastradas o suspendidas

La maquinaria arrastrada o suspendida engloba todos los útiles para el trabajo del suelo, la siembra y plantación, los equipos de tratamientos, aportes de fertilizantes y de agua.

Estas pequeñas máquinas facilitan en gran medida el trabajo en el campo. La mayor parte de las ventas se producen en las comunidades autónomas de Galicia y Castilla y León.

Las empresas con las mayores ventas son en su mayoría pequeñas compañías dedicadas en exclusiva a este tipo de maquinaria de menor tamaño.

2.2.2. Tractores

Los tractores son uno de los tipos de maquinaria con mayor número de inscripciones, como se puede observar en la Tabla 2.3. *Reparto de marcas de tractores*, con un total de 10.002 en el año 2011. Existen diferentes tipos de tractores: de simple tracción (con un sólo eje motriz), de doble tracción o de cadena.

La mayor parte de ellos, están inscritos en las comunidades autónomas de Galicia, Andalucía y Castilla y León en ese orden.

Dentro de este tipo de máquinas, el reparto de marcas en porcentaje es el mostrado en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3. Reparto de marcas de tractores

Marca	Reparto de marcas inscritas (%)
John Deere	28,4 %
New Holland	17 %
Kubota	6,4 %
Case IH	6,3 %
Massey Ferguson	5,6 %
Fendt	5,3 %
Same	5,2 %
Deutz-Fahr	4,5 %
Landini	4,5 %
Lamborghini	2,7 %
Claas	2,4 %
Resto de marcas	11,7 %

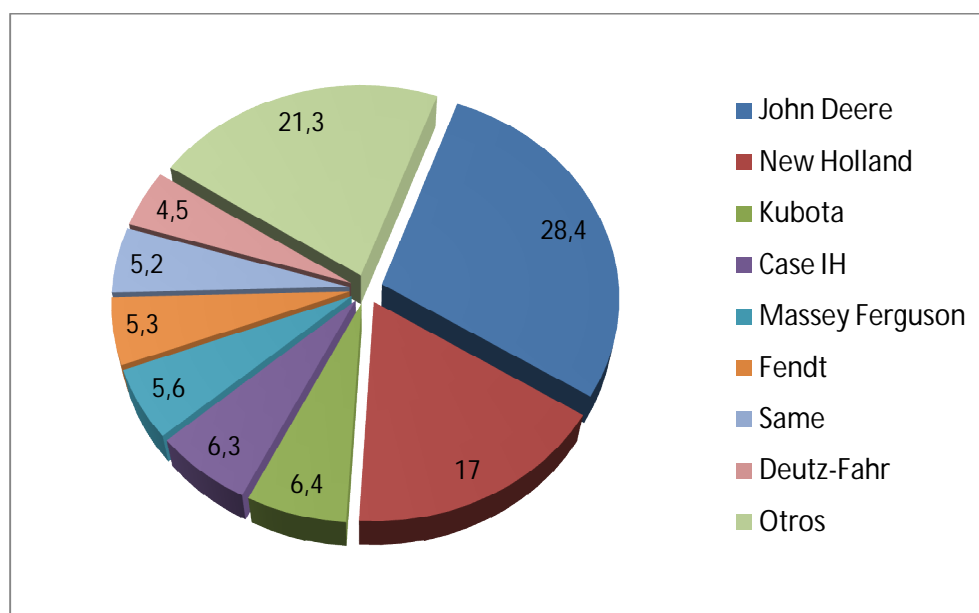


Figura 2.1. Reparto de marcas de tractores

En total, 49 marcas distintas de tractores se comercializaron en España, englobando más de mil modelos diferentes.

Pese a que en los últimos años, el número de ventas de tractores ha caído, el sector continúa manteniendo un alto nivel de inscripciones. El gráfico explicativo de la Figura 2.2 lo muestra:

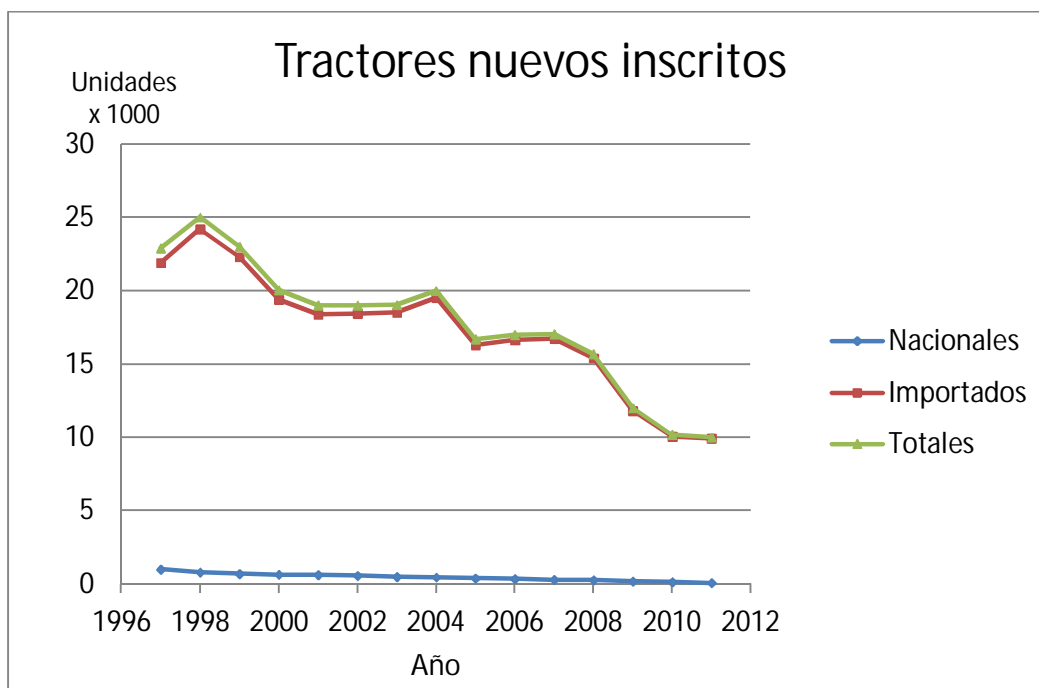


Figura 2.2. Tractores nuevos inscritos

2.2.3. Máquinas automotrices

Las máquinas automotrices engloban todas las máquinas agrícolas autopropulsadas, a excepción de tractores y de motocultores y similares. Más concretamente, se refieren a: cosechadoras de cereal, forraje, maíz, hortalizas, algodón o patatas entre otros, vendimiadoras, vibradores, barredoras y equipos de carga.

La mayor parte de las cosechadoras son destinadas a trabajar las tierras de las comunidades autónomas de Castilla y León (144 unidades), Castilla la Mancha (99), Andalucía (86 unidades) y Cataluña (64 unidades).

Los porcentajes de ventas en función de las diferentes marcas son lo que se muestran en la siguiente figura.

Tabla 2.4. Reparto de ventas de maquinaria automotriz según marca

Marca	Reparto de marcas inscritas (%)
New Holland	13,2 %
Claas	11,1 %
John Deere	10,1 %
Novedades Agricc.	6 %
Manitou	5,3 %
JCB	5,2 %
I.D.M.	3,5 %
Ausa	3 %
Gregoire	2,5 %
Merlo	2,5 %
Caterpilla	1,8 %
Resto de marcas	35,8 %

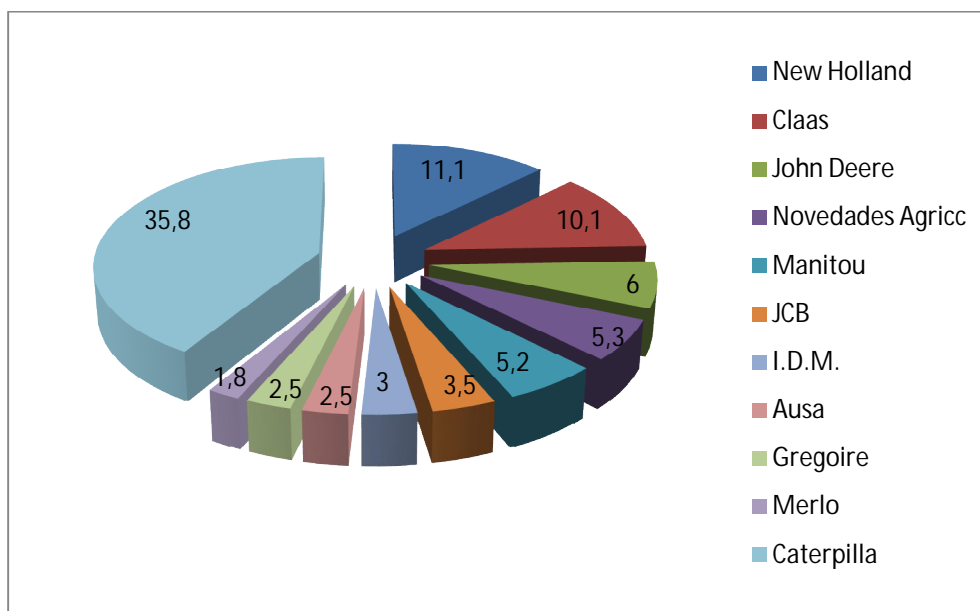


Figura 2.3. Reparto de ventas de maquinaria automotriz según marca

Se puede observar que el mercado es muy competitivo y la diferencia entre las distintas marcas no es muy grande.

Las cosechadoras de cereal constituyen el tipo más numeroso con 362 unidades (120 de la marca Claas y 109 de John Deere) registradas en el año 2011. La Figura 2.4 muestra la evolución en las inscripciones de cosechadoras de cereal respecto del total de maquinaria automotriz.

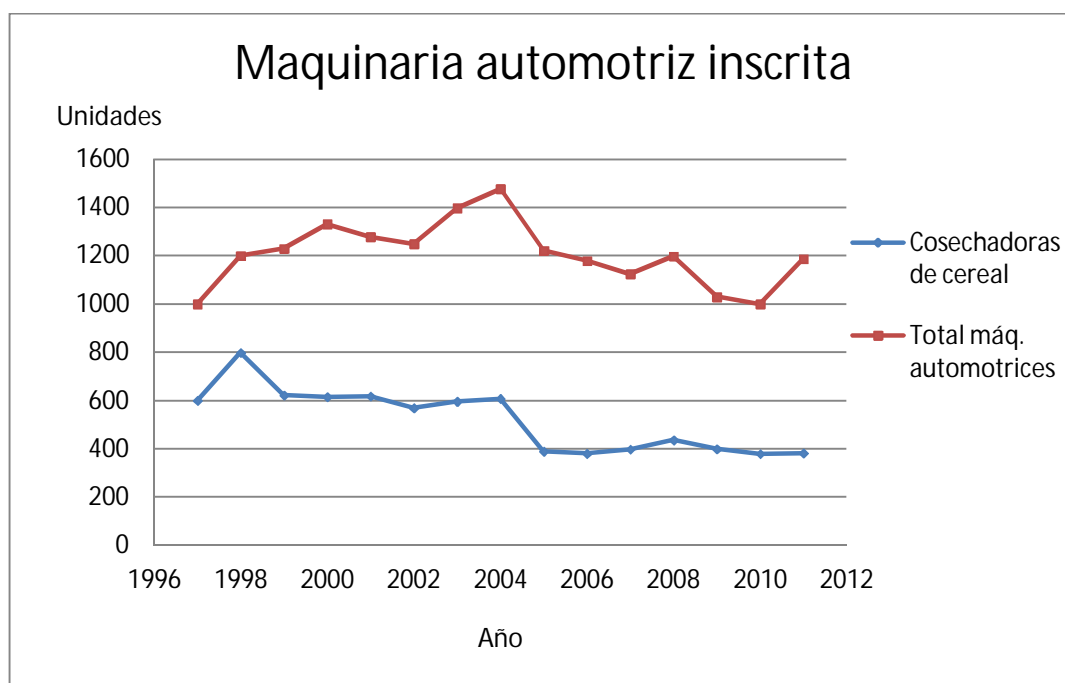


Figura 2.4. Evolución de ventas de maquinaria automotriz

En el caso de la maquinaria automotriz, se puede apreciar el brusco aumento de las inscripciones en el año 2011 respecto del año 2010, en concreto un 18,9% más.



Capítulo 3: Deere & Company

3 DEERE & COMPANY

3.1 Historia

La historia de la compañía John Deere comenzó cuando su fundador, del mismo nombre, crea en 1837 en un pequeño pueblo del estado norteamericano de Illinois (Estados Unidos), un arado de acero fundido que permite hacer surcos definidos en las blandas tierras del medio Oeste. Durante los años siguientes, el número de arados fabricados va en aumento y la empresa se traslada a Moline (Illinois), donde toma diferentes nombres como John Deere o Moline Plow Manufactory.

En 1868 y con Charles Deere, hijo del fundador, al mando, la compañía finalmente adopta el nombre de Deere & Company.

Durante la década de 1880, se incorporan nuevos productos como vagones y carretillas. Pese a que en aquel momento la compañía no fabrica tractores, sus arados sí son utilizados como complemento para ellos.

Entre los años 1910 y 1912, la empresa Deere & Company se reorganiza, unifica sus fábricas, centraliza las planificaciones de contabilidad y se consolida como gran empresa agrícola.



Figura 3.1. Logotipo Deere & Company

En 1918, Deere & Company adquiere la empresa Waterloo Boy fabricante de tractores y comienza con su fabricación.

La primera cosechadora fabricada por John Deere data del año 1927.

Durante los años siguientes, se diseñan nuevos modelos de tractores más ligeros y potentes. Al mismo tiempo, con el estallido de la Segunda Guerra Mundial, se fabrican tractores militares, piezas aeronáuticas y munición.

En 1956, la empresa se convierte en multinacional, creando plantas de montaje de tractores en México y adquiriendo gran parte de la empresa alemana Lanz fabricante de tractores y cosechadoras con presencia en España. Durante los próximos años, se expande a otros países como Argentina, Sudáfrica o Francia.

En las siguientes décadas, la compañía aumenta sus instalaciones en diferentes países. Al mismo tiempo y con las nuevas tecnologías, se han desarrollado nuevos equipos agrícolas, además de aperos de labranza como segadoras, máquinas quitanieves, cortacéspedes, equipos de jardinería e industriales.

3.2 Deere & Company en la actualidad

Actualmente, Deere & Company es el primer fabricante mundial de maquinaria agrícola, además de ser una de las empresas más importantes en la venta de maquinaria para la construcción y equipos forestales. Otras actividades de la compañía con la fabricación y comercialización de motores y transmisiones, seguros, servicios financieros y desarrollo de nuevas tecnologías.

En el presente, la sede mundial continúa en Moline, Estados Unidos. Existen 5 divisiones: agricultura, motores, construcción y forestales, jardinería y tratamiento de aguas. La compañía está compuesta por cerca de 56.000 empleados, con 60 fábricas en 30 países, como muestra la Figura 3.2, y 5.000 concesionarios repartidos por todo el mundo. Además, es la empresa líder mundial en venta de tractores.



Figura 3.2. Localización de centros productivos de John Deere

3.3 JOHN DEERE IBÉRICA S.A.

3.3.1. Historia

John Deere Ibérica S.A. (JDISA) es la filial de John Deere en Portugal y España y su sede se encuentra en Getafe. Este proyecto comienza cuando Deere & Company decide adquirir la fábrica que la marca alemana ocupaba en Getafe para la fabricación de tractores. Es en 1963, cuando en esta factoría se fabrica el primer tractor de marca John Deere.

Con las ventas de equipos en auge, se comienzan a fabricar en el año 1987 en Ibérica componentes para otras fábricas de la compañía.

En el año 1988, la actividad de Ibérica crece con la nueva división de Espacios Verdes. La responsabilidad inicial de esta división estaba destinada a la comercialización de productos para el cuidado de jardines, incluyendo 4 años más tarde los productos John Deere para el cuidado de campos de golf.

Es en el año 1994 cuando se cesa la producción de tractores en John Deere Ibérica, pasando la producción a la fábrica alemana situada en Manheim y se centraliza en la producción de componentes.

A la par que Deere & Company crecía mundialmente, John Deere Ibérica crecía en el mercado nacional. Tanto es así, que en el año 1994, John Deere Ibérica, que hasta el momento solo operaba en España, se extiende al territorio portugués.

La red comercial está compuesta por 71 concesionarios y cerca de 170 puntos de servicio en los que trabajan aproximadamente 2.000 personas.

En la actualidad, John Deere Ibérica lidera la venta y fabricación de equipos de maquinaria agrícola en la península. Además, desde el año 1974 encabeza las ventas de tractores en España.

3.3.2. Factoría de Getafe

La fábrica española se encuentra en Getafe y dispone de modernas instalaciones para la fabricación de componentes como proveedor de otras fábricas de la compañía. Las tareas que se realizan incluyen desde el diseño y montaje hasta la realización de pruebas de comprobación del buen funcionamiento.



Figura 3.3. Factoría de John Deere Ibérica en Getafe

Esta fábrica se ha adaptado a los diferentes productos que se han producido en ella. Desde la producción de los tractores alemanes Lanz, hasta los actuales componentes para diversas maquinarias, pasando por los tractores John Deere entre los años 1963 a 1994.

En la actualidad, los principales destinos de los productos de la fábrica son otras fábricas de John Deere en Alemania (Zweibrücken o Mannheim), EEUU (Harvester, Des Moines, Augusta, etc.) Brasil o Méjico entre otros.

Los principales componentes fabricados en esta factoría son para cosechadoras, tractores, construcción y forestal, cuidado de cultivos y motores.

3.3.3. Organización de John Deere Ibérica

La estructura organizativa en la actualidad existente continua desde los años 80, cuando se empezó a producir para otras fábricas de la compañía. Este cambio de clientes, de nacionales a internacionales, provocó un cambio de mentalidad de la empresa a todos los niveles debido a la gran competitividad. Se comenzó a aumentar la preocupación por la satisfacción del cliente, la calidad de los productos, además de los costes, la seguridad y la fiabilidad en las entregas.

Para poder llevar a cabo de forma exitosa estos nuevos objetivos, se creó el concepto de minifábricas en función de los componentes fabricados. Se produjo la descentralización de otros servicios como el control de producción, mantenimiento, ingeniería de fabricación, compras, logística y calidad que comenzaron a depender de las minifábricas sin perder la centralización general.

La Figura 3.4 muestra el organigrama de toda la fábrica.

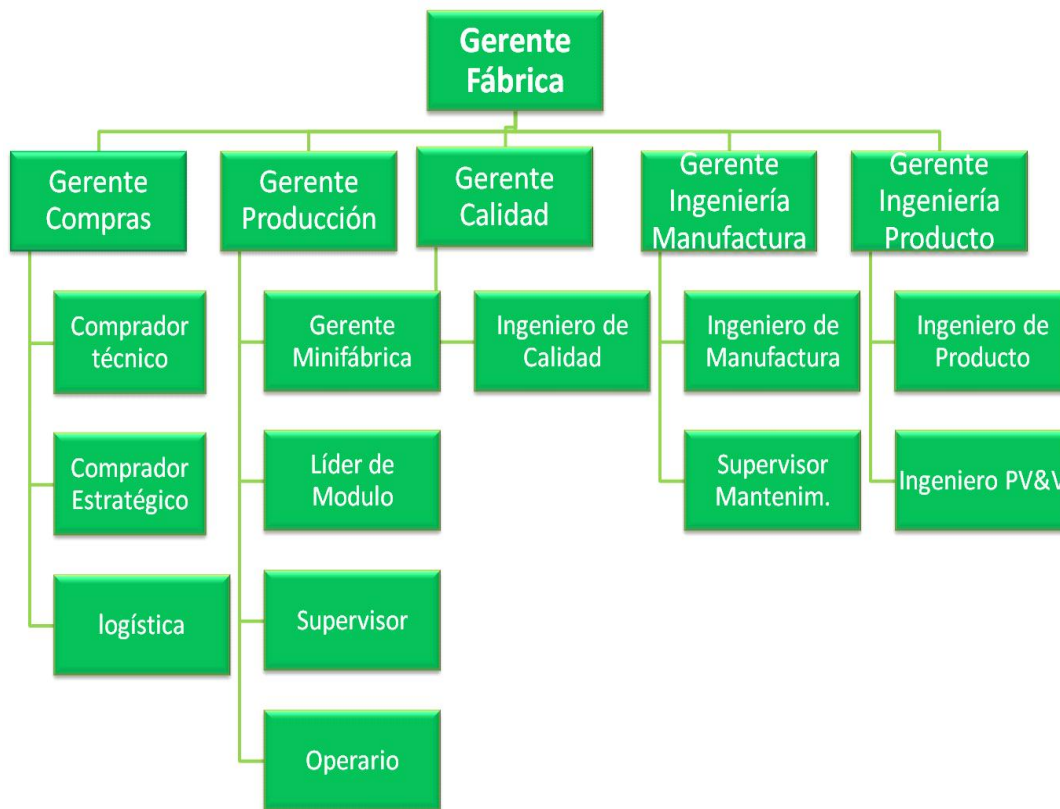


Figura 3.4. Organigrama John Deere Ibérica

A su vez, el organigrama de cada minifábrica es el que se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Organigrama minifábricas

3.3.4. Productos de las minifábricas



Figura 3.6. Organigrama productos de las minifábricas

3.3.4.1. Minifábrica de cajas pesadas de transmisión

Se denomina cajas pesadas de transmisión a aquellas transmisiones cuyo peso es superior a 100 kg. En esta minifábrica se producen diferentes cajas para las cosechadoras. Los destinos de los productos son otras fábricas de la compañía en Harvester, Thibodaux y Des Moines en Estados Unidos, Zweibrücken en Alemania, Horizontina en Brasil y Jiamusi en China.

Los nombres de las cajas de transmisión fabricadas en la minifábrica de cajas pesadas son:

- 5 Velocidades
- Main Pto
- 3 Velocidades- PBST
- ProDrive

Además, se dispone de una línea de pintura donde se pintan las cajas anteriores.



Figura 3.7. Productos montados en minifábrica de Cajas Pesadas

3.3.4.2. Minifábrica de cajas ligeras de transmisión

Las cajas ligeras son aquellas cuya masa es inferior a 100 kg. Estas transmisiones se montan en cosechadoras donde desempeñan diferentes funciones y son destinadas a otras fábricas en Estados Unidos, Alemania, Brasil y Argentina.

Los productos de esta minifábrica reciben los siguientes nombres:

- Picking Unit
- Cleaner Drive
- 2 Velocidades
- Loading Auger

- Unloader Auger
- Row Unit
- Chopper
- Knife Drive

Esta minifábrica no dispone de línea de pintura, por lo tanto, las cajas son pintadas en la minifábrica de mandos finales.



Figura 3.8. Productos montados en minifábrica de Cajas Ligeras

3.3.4.3. Minifábrica de mandos finales

Los mandos finales son producidos y pintados en la minifábrica con el mismo nombre. En ella también se pintan las cajas ligeras. Sus productos son enviados a Alemania, Estados Unidos, México y Brasil.

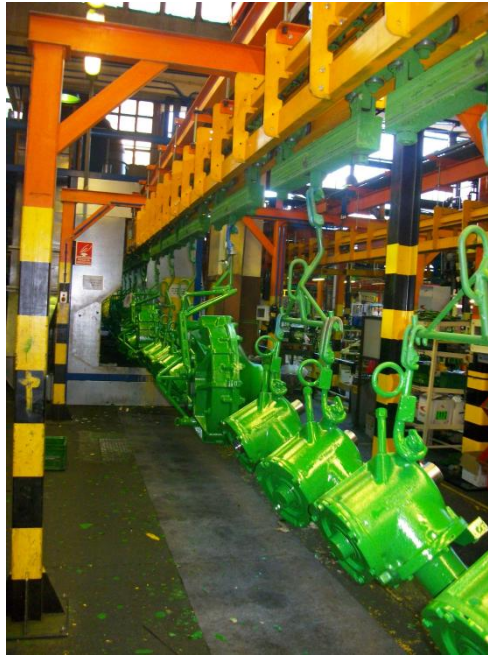


Figura 3.9. Zona de pintura en minifábrica de Mandos Finales

Los productos de esta minifábrica son:

- Crawler
- Skid Steer
- Sugar cane
- Sprayer
- Read Spindler
- Pintura y embalaje



Figura 3.10. Productos montados en minifábrica de Mandos Finales

3.3.4.4. Minifábrica de ejes y engranajes

La minifábrica de ejes y engranajes hace la función de proveedor para las demás minifábricas de Ibérica. La materia prima son piezas de forja y aceros de alta calidad y gracias a unos procesos muy precisos y de alta calidad y unos procesos de tratamientos térmicos muy rigurosos se consiguen los ejes y engranajes que servirán para el montaje de otras cajas de transmisión y mandos finales. Algunos de los procesos que se siguen en esta minifábrica son los de torneear, tallar, afeitar o rectificar los productos.



Figura 3.11. Productos fabricados minifábrica Ejes y Engranajes



Capítulo 4: Caja de transmisión de 5 velocidades

4 CAJA DE TRANSMISIÓN DE 5 **VELOCIDADES**

4.1 Descripción

La caja de transmisión de 5 velocidades, cuya referencia es AXE11219, se comenzó a diseñar en el año 2004 y 3 años más tarde se comenzó a fabricar únicamente en la factoría de John Deere Ibérica. Este tipo de transmisión se monta en las cosechadoras de la Serie 60 y 70 de la marca John Deere. La Figura 4.1 muestra la caja de transmisión de 5 velocidades.



Figura 4.1. Caja de transmisión de 5 velocidades

En la Figura 4.2 se muestra la caja sin la carcasa que la encierra, pudiéndose apreciar algunos de los componentes que la forman.

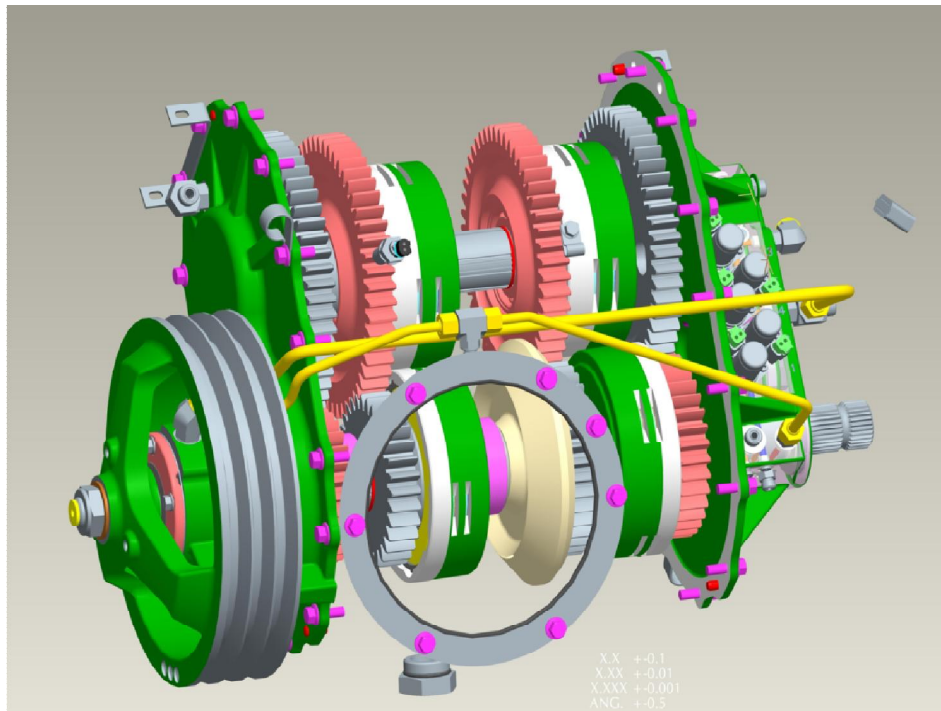


Figura 4.2. Conjunto interior de la caja de transmisión de 5 velocidades

La masa de la caja es de 307 kg y sus dimensiones exteriores son de 600 mm (alto) x 865 mm (ancho) x 700 mm (largo).

Su función es la de transmitir la potencia al cabezal de la cosechadora. En concreto, se encarga de mover otra transmisión situada en la parte delantera de la cosechadora y que alimenta el cultivo recolectado al interior de la máquina. La caja de 5 velocidades obtiene su potencia a través de la caja de transmisión Main Pto, que se encarga de distribuirla del motor a diferentes transmisiones. La Figura 4.3 muestra la parte delantera de una cosechadora y todo el proceso mecánico que envuelve a esta caja:

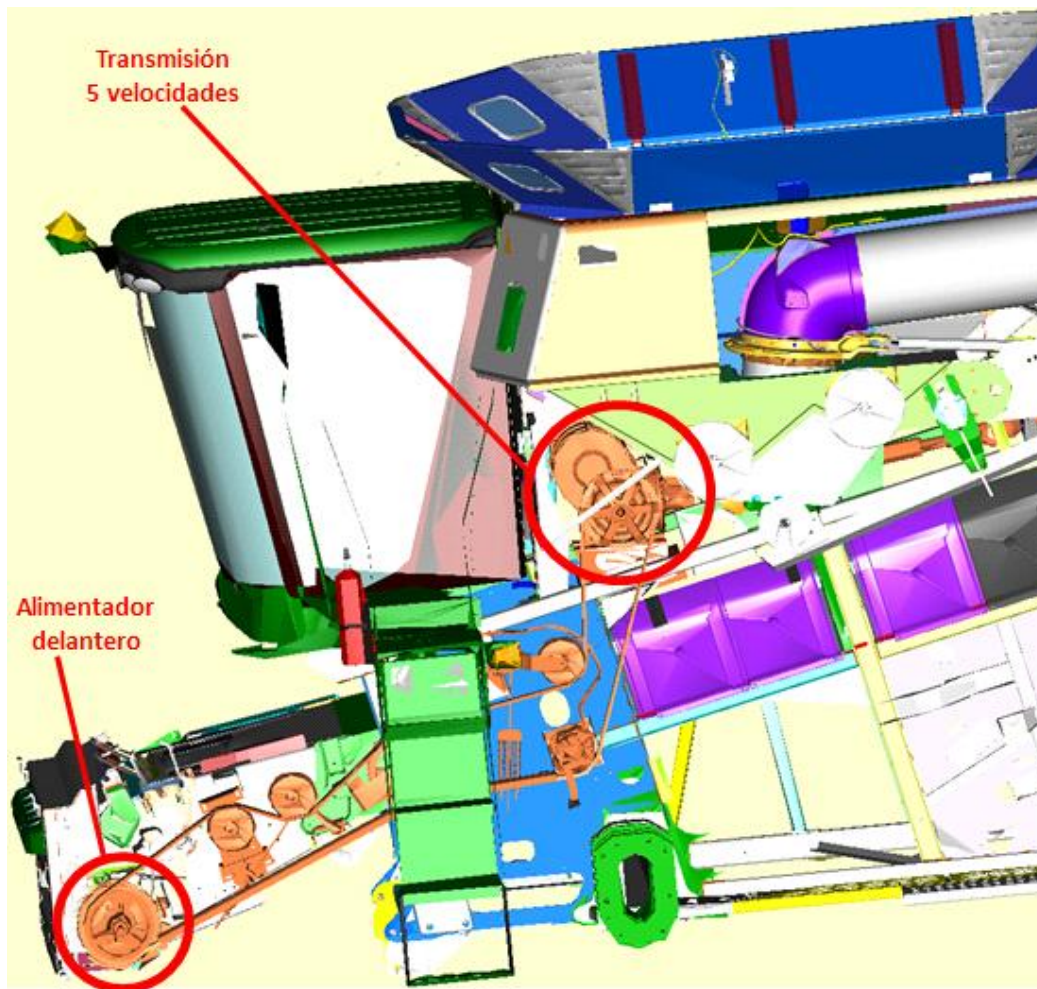


Figura 4.3. Parte delantera de una cosechadora

En la Figura 4.3, se puede observar cómo a través de la polea, que contiene la caja de transmisión de 5 velocidades, se transmite la velocidad hasta una transmisión situada en la parte delantera de la cosechadora. En función de la velocidad de salida de la caja de 5 velocidades, las revoluciones del alimentador delantero variarán y así el cabezal de recogida del grano podrá adaptarse a los diferentes tipos de mieses.

Cabe destacar que es una caja automática. Esto es posible gracias a un cuerpo de válvulas que se encarga de activar los diferentes pares de engranajes para conseguir una de las 5 relaciones de transmisión posibles.

4.2 Funcionamiento

La caja de transmisión de 5 velocidades está compuesta por diferentes elementos mecánicos como son:

- 4 ejes (eje intermedio, de entrada y 2 ejes de salida).
- Un grupo cónico.
- 4 piñones que engranan con 4 coronas.
- 5 embragues (C1, C2, C3, C4 y C5) que permiten que los engranajes junto con los que van montados giren solidarios a sus respectivos ejes.
- Una polea.
- Un cuerpo de válvulas con 5 válvulas de selección
- Tornillos, anillos tóricos, arandelas, retenes, etc.

En la Figura 4.4, se observa un corte de la caja donde se muestran los materiales anteriormente citados:

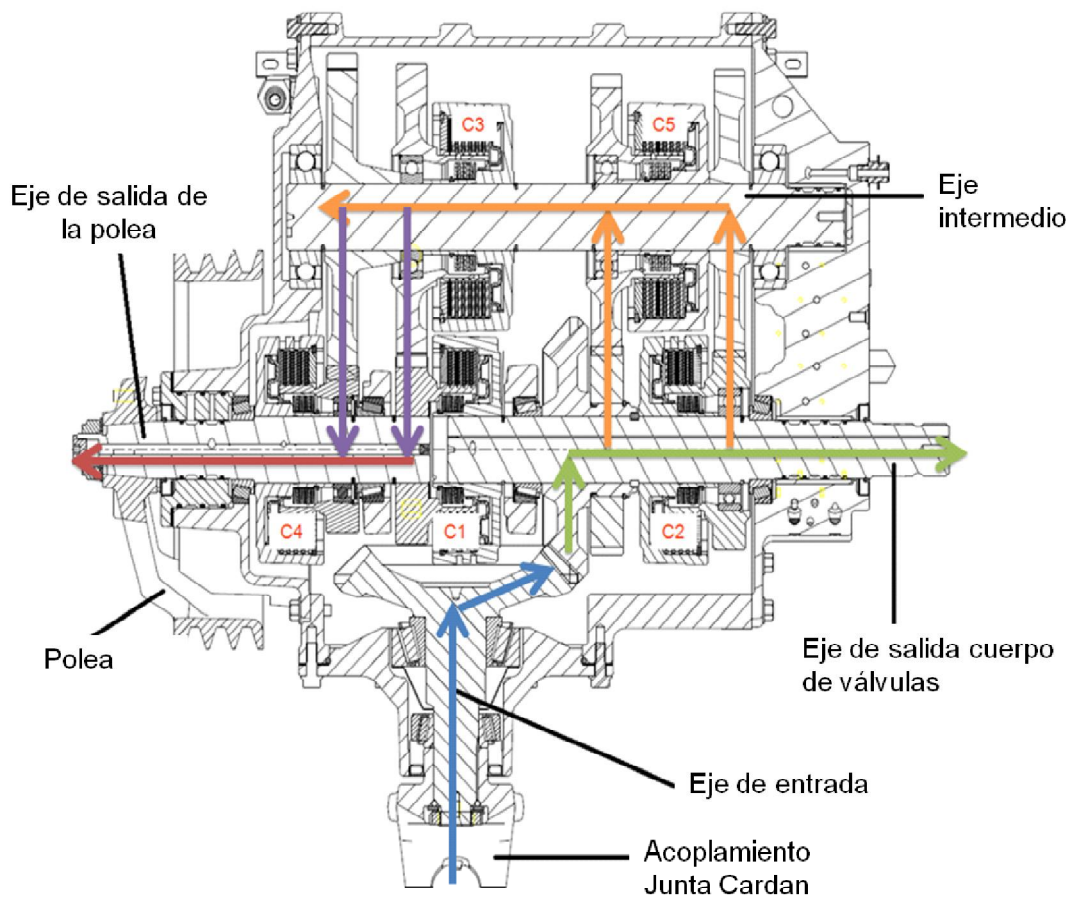


Figura 4.4. Corte de la caja de transmisión de 5 velocidades

Con la ayuda de la Figura 4.4 se va a describir su funcionamiento:

- 1º - El acoplamiento para la junta cardan recibe el giro de otra transmisión. Ésta se encuentra conectada al eje de entrada que está solidario a un engranaje cónico.
- 2º - La pareja de este engranaje cónico, con igual número de dientes, gira solidaria al eje de salida del cuerpo de válvulas. Por lo tanto, este eje girará a las mismas revoluciones que el eje de entrada.
- 3º - En el eje de salida del cuerpo de válvulas se encuentran 2 piñones, uno de ellos solidario al eje y el otro junto con el embrague C2.

4º - Uno de esos 2 piñones, en función de la velocidad que se desee, le transmitirá el giro a una de sus 2 coronas correspondientes con las que engranan.

5º - Una vez transmitida la velocidad al eje intermedio, una de las 2 coronas situadas a su izquierda se encargan de transmitir el movimiento al eje de salida de la polea.

6º- Las revoluciones transmitidas al eje de salida de la polea, son las que definirán la velocidad que se transmitirá al cabezal de la cosechadora.

Es importante aclarar que todas las parejas de engranajes siempre giran engranadas. Pero sólo un engranaje de cada pareja gira siempre solidario al eje. Para que el respectivo engranaje también gire solidario al eje, el embrague en el que va montado debe estar activado. Como cada par de engranajes tiene una relación de transmisión diferente, no pueden estar activos simultáneamente los embragues C2 y C5 ni los C3 y C4.

En función del embrague que se active para hacer girar solidario un engranaje u otro se obtendrán diferentes velocidades de salida del eje de la polea. La Tabla 4.1 muestra las revoluciones de salida del eje polea, del eje del cuerpo de válvulas en función de los embragues que estén en funcionamiento. Es importante conocer que la velocidad a la entrada es siempre de 1520 rpm.

Tabla 4.1. Relaciones de transmisión de la caja de 5 velocidades

Función	Embrague utilizado					Ratio V_{salida}/V_{ent}	Velocidad de salida eje de la polea (rpm)	Velocidad de salida eje cuerpo válvulas (rpm)
	C1	C2	C3	C4	C5			
Neutral							0	1520
Freno							0	1520
1º Velocidad	●					1	1520	1520
2º Velocidad		●	●			1,11	1681	1520
3º Velocidad			●		●	1,22	1856	1520
4º Velocidad		●		●		1,37	2076	1520
5º Velocidad				●	●	1,51	2292	1520

En la Tabla 4.1 se puede apreciar que las revoluciones del eje de entrada son transmitidas directamente al eje del cuerpo de válvulas a través de un grupo cónico con 39 dientes cada engranaje cónico, por este motivo, los 2 ejes giran a la misma velocidad.

Se puede observar que la 5º velocidad permite que el eje polea gire al máximo de revoluciones. Por otro lado, la 1º velocidad no modifica las revoluciones del eje polea.

4.3 Características mecánicas

4.3.1. Embragues

Los denominados embragues son una parte fundamental para el funcionamiento de la caja de cambios como tal. Dentro de la transmisión hay 5 embragues (*clutch 1*, *clutch 2*, *clutch 3*, *clutch 4* y *clutch 5*) que realizan la misma función aunque existen pequeñas variaciones de unos respecto de otros. La Figura 4.5 muestra el plano del embrague 2 donde se pueden apreciar las diferentes piezas que lo componen.

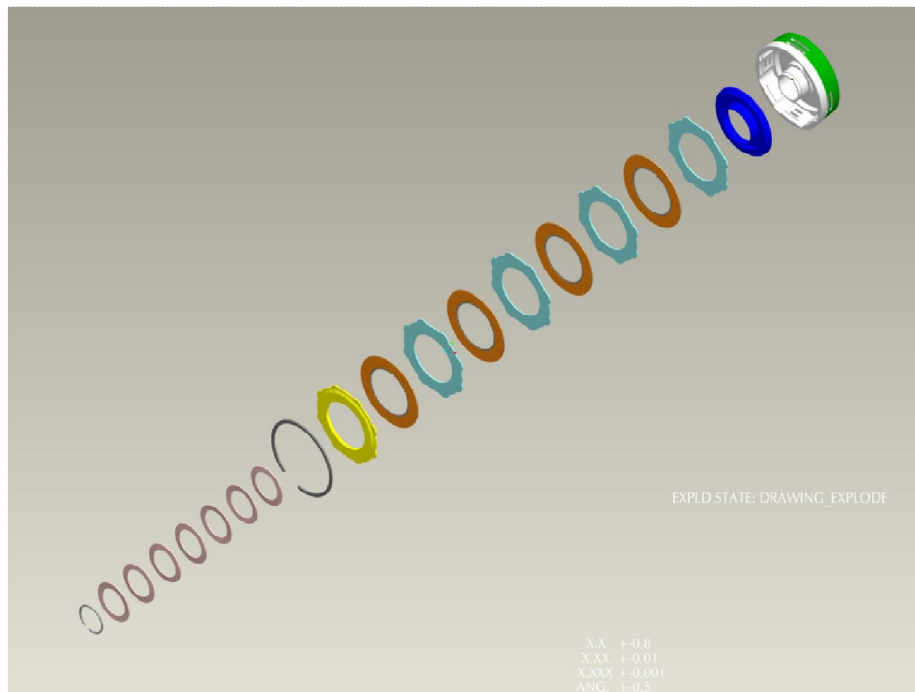


Figura 4.5. Explosionado del embrague C2

Los 5 embragues están formados por las piezas que se observan: carcasa, pistón, ferodos, discos, plato de embrague, bellevilles y arandelas. Como se ha comentado anteriormente, estos embragues no son exactamente iguales. La Tabla 4.2 detalla el número de piezas en las que se diferencian cada uno de los 5 embragues.

Tabla 4.2. Componentes de embragues

Embrague	Cuello de la carcasa	Ferodos	Discos	Rodamiento	Anillo elástico	Arandela fenólica
C1	Pequeño	4	4	No	No	Sí
C2	Mediano	4	4	Sí	Sí	No
C3	Alto	6	6	Sí	Sí	No
C4	Mediano	4	4	Sí	Sí	No
C5	Alto	6	6	Sí	Sí	No

Por un lado, la parte interior de la carcasa del embrague está estriada para que se acople en el eje y gire solidario a él. Por otro lado, en cada embrague se acopla un engranaje que puede girar libre o solidario al embrague. Teniendo en cuenta las afirmaciones anteriores, la función del embrague es permitir que el engranaje gire a las mismas revoluciones que el eje o que gire libremente.

Anteriormente se ha comentado que el interior de la carcasa, mediante unas estrías, gira solidario al eje. Además, el exterior de los discos y el plato del embrague tienen una forma irregular que encaja en el interior de la carcasa y por lo tanto giran con la carcasa. Contrariamente, el interior de los ferodos tiene la misma forma que el cuello del engranaje y por lo tanto, éstos girarán a las revoluciones del engranaje. Para conseguir que el engranaje gire con el eje se introduce presión oleohidráulica en el pistón de forma que los discos y los ferodos comiencen a girar solidarios y en consecuencia, el engranaje lo haga respecto del eje.

Las arandelas bellevilles hacen la función de muelle para permitir una recuperación de posición. Los anillos elásticos sirven de tope para limitar el desplazamiento del conjunto de discos y ferodos.

4.3.2. Engranajes cilíndricos rectos

La transmisión de 5 velocidades cuenta con 8 engranajes rectos que engranan 2 a 2 formando 4 parejas. Uno de los engranajes de estas 4 parejas está montado en el embrague y el otro solidario al eje mediante un juego de estrías. La transmisión de velocidad es entre 2 ejes paralelos, por este motivo los engranajes son cilíndricos. Además, los dientes son rectos. Esta característica permite que al engranar un diente, cuando éste está terminando su contacto, el siguiente diente ya está empezando a engranar y así conseguir una reducción del ruido, el desgaste de los dientes y las vibraciones.

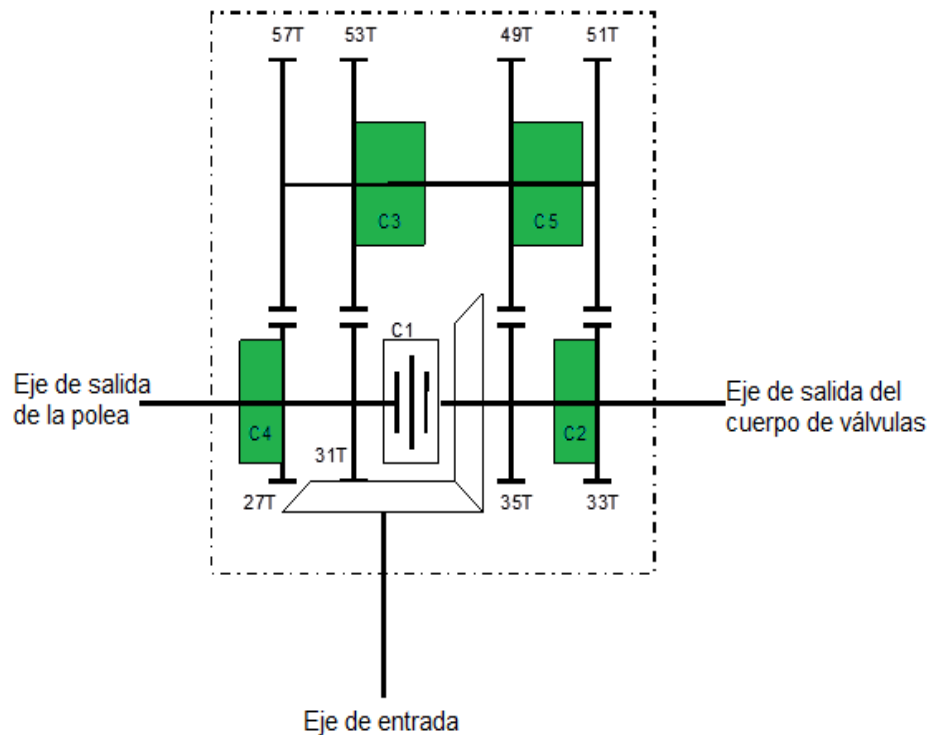


Figura 4.6. Esquema representativo de engranajes helicoidales en transmisión de 5 velocidades

La Figura 4.6 muestra el número de dientes y la distribución de los 8 engranajes cilíndricos helicoidales: 4 de ellos solidarios al eje y los otros 4 montados en los embragues C2, C3, C4 y C5.

4.3.3. Engranajes cónicos helicoidales

En la transmisión de 5 velocidades se necesita transmitir potencia entre 2 ejes perpendiculares. Esto se produce entre el eje de entrada y el eje de salida del cuerpo de válvulas.

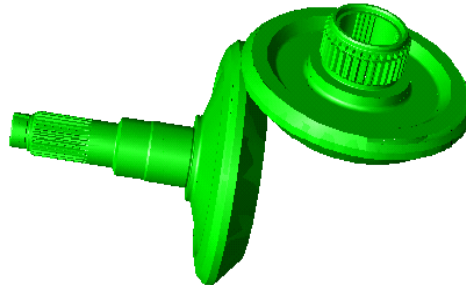


Figura 4.7. Engranajes cónicos

Esta transmisión entre engranajes es posible gracias al grupo cónico helicoidal situado en los respectivos ejes y coloreado de verde oscuro en la Figura 4.8. Los dientes, al igual que en los engranajes cilíndricos, son helicoidales por las mismas ventajas. Esta característica ocasiona que el contacto entre los dientes comience en un extremo y progrese suavemente hacia el otro extremo. Como resultado se obtiene que los dientes se superpongan y, por tanto, el movimiento es transmitido suavemente reduciendo ruido y vibraciones. La Figura 4.8 muestra el esquema de los 2 engranajes cónicos de los que dispone la caja.

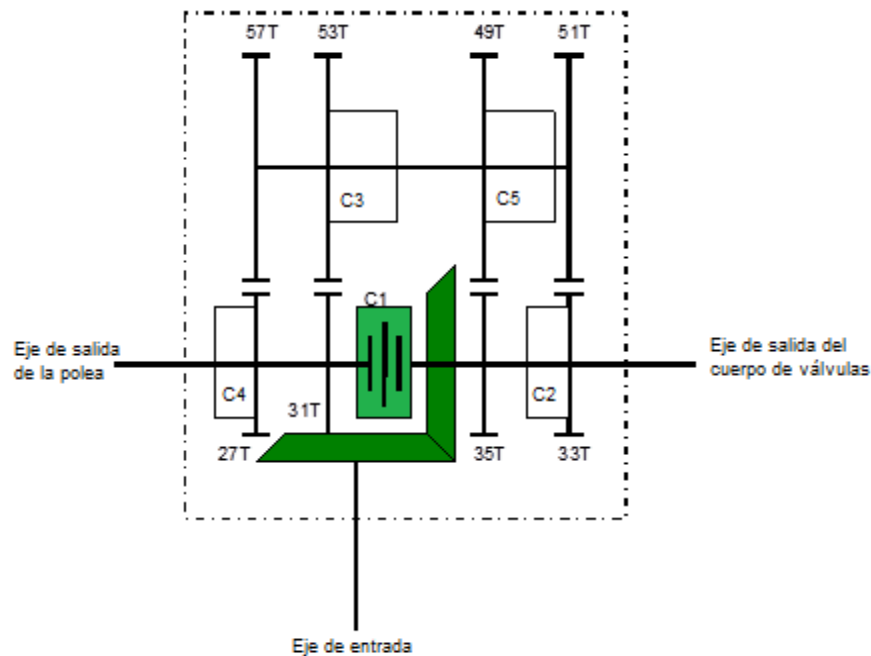


Figura 4.8. Esquema representativo de engranajes cónicos en transmisión de 5 velocidades

El eje de salida del cuerpo de válvulas debe tener la misma velocidad angular que el eje de entrada. Por este motivo, el número de dientes de los 2 engranajes cónicos debe ser el mismo para así conseguir una relación de transmisión 1:1. Ambos engranajes tienen 39 dientes.

4.3.4. Reglajes

El reglaje es un proceso fundamental a la hora del montaje y permite dar a un montaje el valor del juego o de la precarga previamente determinado por el fabricante de las piezas. Cuando una transmisión se diseña, una parte de ese trabajo es definir la holgura que se produce entre las diferentes piezas que la componen. Este paso es muy importante ya que determina la vida útil que tendrá la pieza, en concreto de los engranajes y los rodamientos. Cuando la holgura es nula se denomina precarga. Por el contrario, cuando existe cierta holgura, se está hablando de juego.

Existen 2 tipos de reglajes dependiendo de si el movimiento es axial o perpendicular.

- **Reglaje axial:** el fin de este reglaje es optimizar al máximo la vida útil de los rodamientos. Todos los rodamientos están diseñados y optimizados para unas temperaturas, posiciones, materiales y cargas determinadas. Con el reglaje axial se posiciona el eje para asegurar el juego o la precarga óptima establecida por el fabricante para garantizar la vida máxima del rodamiento.

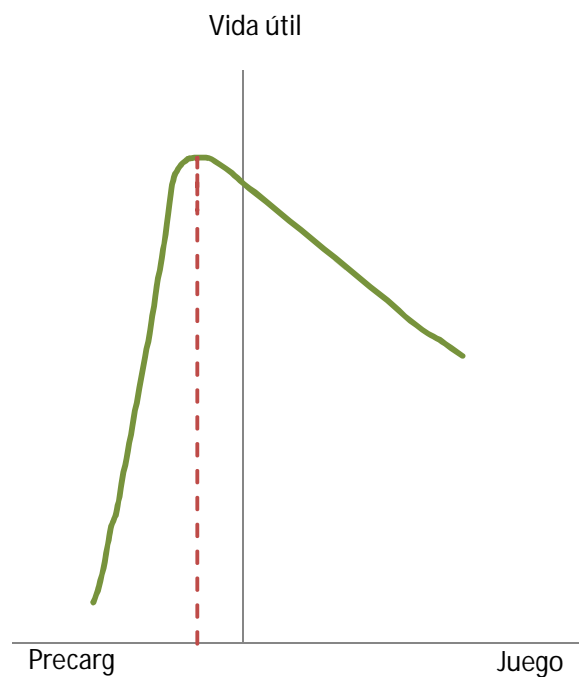


Figura 4.9. Vida útil de los rodamientos en función de la carga aplicada

La Figura 4.9 muestra la curva de vida útil de un rodamiento en función de la holgura que tenga. La pendiente positiva del lado de la precarga es mucho mayor que la negativa referida al juego. Esto quiere decir que es más seguro estar del lado del juego para que en caso de un mal reglaje, la vida útil no disminuya tan rápido en función de la carga.

- **Reglaje cónico o backlash:** con este reglaje se comprueba la distancia que existe entre los dientes de un grupo cónico. Al igual que los rodamientos, los pares de engranajes también tienen una posición exacta entre sus dientes para garantizar el máximo de vida posible. El backlash se define como el juego que presentan 2 dientes y se debe cumplir que cuando éstos dejan de estar en contactos, el par siguiente ya debe estarlo. Cuando la distancia entre dientes no es la determinada por el fabricante, se producen golpeteos entre ellos, la carga no se transmite de forma uniforme y se puede generar rotura superficial del diente por fatiga.

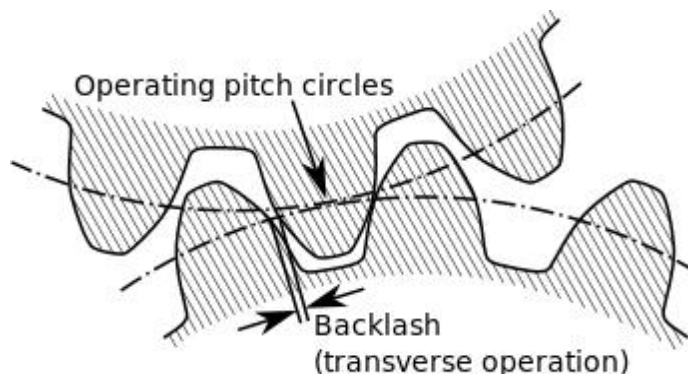


Figura 4.10. Backlash entre dientes de engranajes cónicos

- **Reglaje del eje de salida del cuerpo de válvulas**

El reglaje del eje del cuerpo de válvulas es un reglaje axial para verificar la posición correcta de dicho eje con respecto al rodamiento situado en la tapa de aluminio. Este rodamiento necesita de un juego entre 0 y 0,1 milímetros. Por lo tanto, se deben introducir suplementos entre la pista colocada en la tapa de aluminio y ésta para ajustar el eje y conseguir el juego óptimo determinado por el rodamiento.

- **Reglaje del eje de entrada**

Este reglaje es cónico, es decir, se verifica el juego que existe entre un par de dientes del grupo cónico que contiene la caja. El fabricante especifica en cada grupo cónico el backlash y, con este reglaje, se debe ajustar el juego entre 0 y 0,1 mm. Para conseguir esta medida, se introducen suplementos de diferente espesor entre la carcasa del eje de entrada y la carcasa principal. El eje de salida del cuerpo de válvulas (que contiene la pareja del engranaje cónico del eje de entrada) se bloquea y el eje de entrada se mueve para ver el valor del backlash.

- **Reglaje del eje de salida de la polea**

Este reglaje es axial y al igual que en el reglaje del eje de salida del cuerpo de válvulas, se debe posicionar el eje de la polea de tal manera que el rodamiento introducido en la pista de la tapa de fundición que contiene a la polea tenga una precarga entre 0 y 0,1 mm.



Capítulo 5: Situación inicial de la línea de montaje

5 SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE MONTAJE

5.1 Descripción de la línea de montaje

La línea de montaje de cajas de transmisión de 5 velocidades se puede dividir en 3 zonas diferentes:

1. Zona de premontajes:

- Ejes
 - Eje de salida del cuerpo de válvulas.
 - Eje de salida de la polea.
 - Eje intermedio.
- Embragues
 - Embrague C1.
 - Embrague C2.
 - Embrague C3.
 - Embrague C4.
 - Embrague C5.
- Eje de entrada
 - Eje de entrada.



2. Zona de montaje final:

- Montaje Final 1
- Montaje final 2

3. Zona de banco de prueba.

- Banco de rodadura

La Figura 5.1 muestra en planta la distribución total de la línea, diferenciando las 3 zonas anteriormente mencionadas:

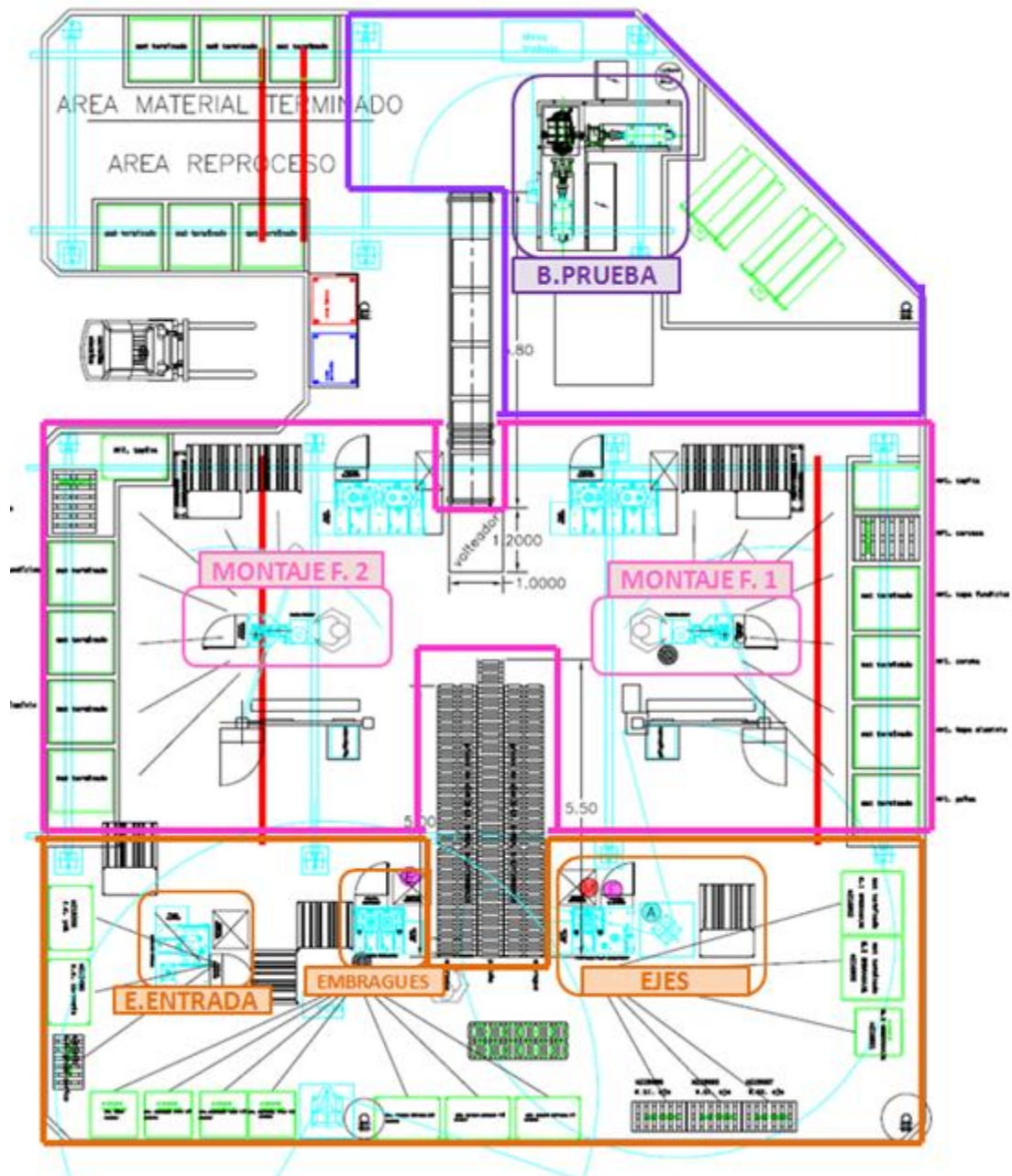


Figura 5.1. Layout de la línea de montaje inicial

El material terminado en la zona de premontajes y montaje final se traslada al área siguiente a través de caminos de rodillos. La estructura está compuesta por diferentes caminos de rodillos que comunican la zona de premontajes y montaje final. Éstos tienen cierta inclinación para que las piezas, gracias a su propio peso, se desplacen hasta el final

del camino. Estos caminos abastecen de premontajes a los 2 puestos de montaje final. El camino de rodillos, que comunica la zona de montaje final y el banco de prueba, está motorizado, por lo que es totalmente horizontal. Además, existen caminos de rodillos para el retorno de los soportes vacíos de las piezas, como se muestra en la Figura 5.2 y Figura 5.3, tomadas de la factoría de John Deere en Getafe.



Figura 5.2. Caminos de rodillos premontajes-montaje final



Figura 5.3. Camino de rodillos montaje final-banco de prueba

La trazabilidad es un sistema que permite realizar un seguimiento del producto, en este caso la caja de transmisión, a lo largo de su montaje. En cada puesto de montaje final existen dos pantallas de trazabilidad que registran los datos mecánicos de la caja. Por ejemplo, al iniciar el montaje de la caja, el operario debe registrar el número de registro de la caja mediante un lector de código de barras y, de esta manera, la caja quedará registrada en el sistema. Otro ejemplo es el introducir el valor de los reglajes realizados en el sistema para que queden guardados de forma automática y en caso de fallo de la transmisión poder acceder a estos valores para comprobar que en el momento del montaje eran los correctos.



Figura 5.4. Pantalla de trazabilidad

Además del sistema de trazabilidad, que ayuda al operario a seguir el procedimiento y verificar su correcta actuación, en cada uno de los puestos de montaje final se dispone de *poka-yokes*. Estos dispositivos tienen el fin de evitar errores en el procedimiento de montaje. Al inicio del montaje de la caja, el operario debe rellenar este kit de montaje para no olvidar ninguna de las piezas necesarias en el montaje.



Figura 5.5. Poka-Yoke

En la línea trabajan 12 operarios divididos en 3 turnos (mañana, tarde y noche) y un cuarto turno los sábados y domingos.

La disposición en que normalmente se encuentran en cada turno y de lunes a viernes es la siguiente:

- 1 persona en premontajes.
- 2 personas en montaje final.
- 1 persona en el banco de prueba en el turno de mañana.

Los fines de semana se dispone de 2 personas que hacen trabajos varios como reprocesar las cajas que han dado algún fallo o rodar las cajas que no se han podido probar durante el resto de semana.

5.2 Proceso de montaje

El procedimiento para el montaje de esta transmisión se va a conservar cuando la distribución de la línea cambie. Todos los pasos a seguir para su montaje serán los mismos.

- **Premontajes**

Una sola persona premonta los ejes y los embragues, cada uno en su zona correspondiente. A su alrededor dispone de todo el material necesario para ensamblar estas piezas. Además, existen polipastos para el transporte de engranajes, ejes y demás material de peso elevado. Los embragues C4 y C5 en la zona de premontaje de ejes se ensamblan junto con el eje de salida del cuerpo de válvulas y el eje intermedio. Por este motivo, existe una mesa donde, tras montar los embragues, se depositan para posteriormente utilizarlo en la zona del premontaje de ejes. Seguidamente, a través de un camino de rodillos, estos premontajes se envían a la zona de montaje final para que se ensamblen al conjunto de la caja.



Figura 5.6. Prensas para los premontajes de ejes, eje de entrada y embragues

- **Montaje final**

En esta área existen 2 bancos de montaje individuales, donde se unifican todos los procesos del ensamble final de la caja. Cada uno de los 2 operarios de esta

zona se abastece de los premontajes y de otros materiales que están alrededor de cada puesto de montaje. Al igual que en la zona de premontajes, se dispone de un puente grúa para trasladar hasta el banco de montaje las piezas de gran peso. Por último, una vez que la caja está montada y se han hecho las comprobaciones necesarias para saber que está todo según las especificaciones de cada pieza, se posiciona en otro camino de rodillos para desplazarla hasta el banco de prueba.

- **Banco de prueba**

En esta última fase, el operario introduce la caja en un banco de prueba donde se somete a unas condiciones supuestas de uso y se comprueba finalmente si su funcionamiento es óptimo. Una vez terminada la prueba de rodadura, se deposita la transmisión en la zona de material terminado, donde posteriormente se traslada al área de pintura y embalaje.

5.3 Sistema de tiempos

Para poder satisfacer las necesidades de la demanda, hay que conjugar correctamente los diferentes factores de materia prima y de recursos humanos. La demanda puede variar en el tiempo pero la capacidad que tiene la línea debe estar estandarizada mediante el tiempo estándar por cada 100 piezas.

Para poder llevar a cabo este ajuste se emplea un método de tiempos para poder conocer el número de piezas que es posible producir.

El primer paso que se debe seguir es conocer con exactitud el método que se va a seguir para la fabricación de la pieza. Éste se debe seguir siempre tal y como se ha descrito, sin omitir ningún paso ni alterarlo.

Para poder establecer el tiempo estándar del montaje de una pieza, se procede como se muestra a continuación:

- En primer lugar se debe tener un registro con todas las operaciones que se realizan en el montaje completo de la caja.
- Para cada acción, se toman los tiempos. Se deben realizar diferentes medidas de cada operación.
- En el momento en que se están midiendo los tiempos con ayuda del cronómetro, se debe observar la eficiencia con que trabaja el operario.
- Hacer los cálculos pertinentes para obtener el tiempo estándar por cada 100 piezas.
- Además se debe señalar las máquinas necesarias en el proceso.

Tras obtener el tiempo estándar se debe garantizar un periodo de prueba y capacitación del operario hasta poder estabilizar los tiempos que estaban previstos inicialmente.

El tiempo que se establece se conoce como Tiempo Normal del Hombre 100. Este tiempo no tiene en cuenta ningún factor exterior. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta algunos factores y tiempos añadidos. Algunos de estos tiempos y factores son:

- Tiempos D: son todos aquellos tiempos de trabajo que deben desarrollarse mientras la máquina o proceso no están operando.
- Tiempos R: son todos aquellos tiempos de trabajo para los cuales no existe ninguna imposibilidad física de que puedan desarrollarse mientras la máquina o proceso están en operación.
- Tiempos de máquina (M): son los tiempos reales o actuales de máquina o ciclo de un proceso.

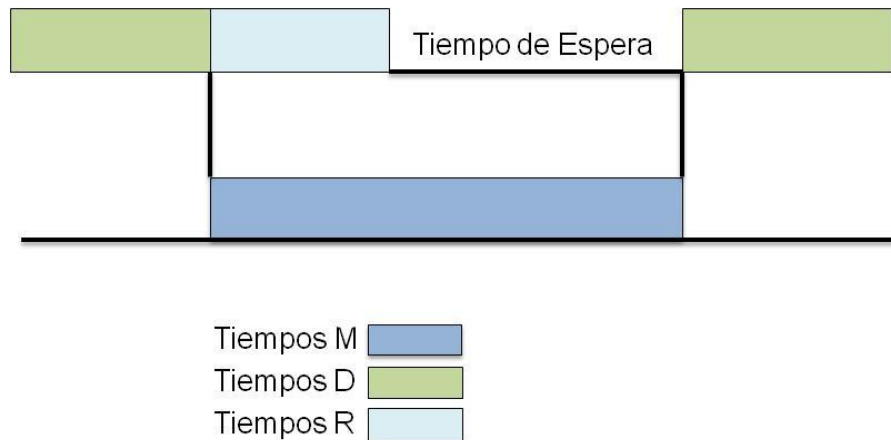


Figura 5.7. Diagrama de Tiempos M, D y R

- El factor de Eficiencia: evalúa la velocidad del operario a la hora de realizar la operación.
- El factor P&F o factor corrector de pérdida de tiempo por fatiga o factores personales. Habitualmente, el valor de este factor es un 16% del Tiempo Normal de Hombre 100, aunque este valor puede variar en función del puesto de trabajo.
- Jobdelay: tiene en cuenta el tiempo de descanso del operario y suele ser un 6%.
- Tiempo IDA: es el tiempo en el que la máquina trabaja y el operario no realiza ningún tipo de operación, es decir, los minutos de retraso inherente. Este tiempo se calcula de la siguiente manera:

$$IDA = M \cdot P\&F - \frac{R}{Eficiencia}$$

Si al valor del Tiempo Normal del Hombre 100 se le multiplica por los factores de eficiencia y P&F se obtienen los datos de minutos estándar D y R.

Finalmente, el tiempo estándar por cada 100 piezas se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Horas_Estándar}/100\text{piezas} = (R + D + \text{IDA}) * 100 * \text{Jobdelay} * 1.67$$

El valor anterior de 1,67 es un factor para convertir el tiempo sexagesimal en centesimal.

5.3.1. Obtención del tiempo estándar de proceso

Para obtener el estándar del proceso de montaje, se debe seguir el procedimiento anteriormente explicado. Además, se debe rellenar un documento para especificar todos los tiempos y factores.

La hoja de tiempos estándar tiene la siguiente estructura:

		REFERENCIA : AXE 11219				CAJA PRINCIPAL (AXE 11219)							
		OPER.Nº	DPTO.	MAQUINA	CODIG O								
				MONTAJE FINAL									
① ELEM.	② REF	DESCRIPCION DE ELEMENTOS			③ TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS / 100	④ EFIC.	⑤ P&F	⑥ MIN.STD.	⑦ MIN.STD./CICLO			⑧ OCC./ CICLO	
									"D"	"R"	"M"		
1													

Figura 5.8. Hoja de toma de tiempos

1. Número de operación.
2. Descripción del proceso que se desarrolla.
3. Tiempos tomados. En este caso se pueden hacer 2 mediciones y la 3º columna será para el promedio de los 2 tiempos.
4. Eficiencia con la que trabaja el operario.
5. Tiempos personales y de fatiga.

6. Tiempo medio obtenido :
7. Colocar en la casilla de minutos D, R o M dependiendo del tipo de tiempo medido.
8. Tiempo por un ciclo.

Una vez obtenido los datos anteriores se procede al cálculo final del tiempo estándar por cada 100 ciclos rellenando los datos que se muestran a continuación:

MINUTOS "D" STD. TRAB.					
MINUTOS "R" STD. TRAB.		9			
MINUTOS "M" STD. TRAB.					
MINUTOS "IDA"		10	12		
		11	Jobdelay	Centesimal	13
TOTAL MIN.STD.		x	x	1.67	=
					HRS.STD./ 100 PIEZAS

Figura 5.9. Hoja de toma de tiempos

9. Colocar en la casilla de minutos "D", "R" y "M" la suma del total de cada tipo de tiempos.
10. Tiempos de trabajo inherentes o tiempos IDA.
11. Suma total de todos los tiempos.
12. Factor jobdelay.
13. Tiempo final de horas estándar por cada 100 piezas.

El tiempo en horas obtenido por cada 100 piezas será el estándar para el montaje de la pieza.

5.3.2. Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura de la línea inicial

El conocimiento del estándar de montaje de la caja de transmisión es fundamental para saber la capacidad de montaje en la línea. Como se ha explicado anteriormente, además de tomar el tiempo de cada proceso, hay que tener en cuenta otros factores para obtener un tiempo lo más exacto posible.

Para mantener la confidencialidad de John Deere Ibérica, se supone el tiempo estándar total de todo el proceso de montaje y de rodadura de 611,88 horas por cada 100 piezas. En concreto, con el supuesto anterior, el tiempo del proceso de montaje final es de 346,4 horas por cada 100 cajas montadas.

5.4 Carga de máquina

La carga de máquina se puede definir como los requerimientos necesarios de mano de obra para poder cumplir con la producción planificada durante el año.

Para poder obtener este valor, es necesario conocer los requerimientos de producción durante los meses siguientes y el estándar de la caja por cada 100 piezas. Además, se deben conocer otros factores como son:

- Eficiencia: se define como la relación entre el rendimiento del trabajador y lo que se estimaría con las observaciones hechas.
- Absentismo: es la pérdida de tiempo respecto del disponible realmente.
- Cobertura productiva: es la relación entre las horas trabajadas y el tiempo disponible para producir durante la jornada.

Una vez detallados los factores anteriores, se procede como se muestra a continuación para obtener el número de operarios necesarios:

1. Conocer el número de cajas que son necesarias producir en los meses posteriores y con ello, las horas necesarias de producción si el operario trabajase al 100% de eficiencia y sin ningún tipo de incidencia que no permita trabajar:

$$horas_estándar_necesarias = \text{Requerimiento} * horas_estándar / 100 \text{ piezas}$$

2. Tener en cuenta la cobertura productiva y la eficiencia con la que trabaja el operario para así conseguir un dato de horas necesarias más preciso:

$$horas_necesarias = \frac{horas_estándar_necesarias}{cobertura_productiva * eficiencia}$$

3. Calcular las horas disponibles mensualmente:

$$horas_disponibles_mensuales = \frac{días_hábiles * horas_diarias}{1 + absentismo}$$

4. Finalmente, calcular los operarios que son necesarios para cumplir durante los siguientes meses con los requerimientos del cliente:

$$n^o_operarios_necesarios = \frac{horas_necesarias}{horas_disponibles}$$

5.4.1. Carga de máquina de la línea de montaje inicial

Para obtener la carga de máquina durante el año fiscal 2012 (desde noviembre de 2011 a octubre de 2012), es imprescindible conocer la producción requerida durante este

periodo. El desglose mensual de estos requerimientos es el que se muestra en la Figura 5.10.



Figura 5.10. Requerimientos de producción año fiscal 2012

El número de cajas necesarias totales durante el año fiscal 2012 es de 2804. Por lo tanto, teniendo en cuenta el estándar por cada 100 cajas de 611,88 horas, las horas estándar necesarias totales es de 17157,12 horas.

La cobertura productiva para esta línea está estimada en un 92% y la eficiencia es del 123%. Con estos datos las horas necesarias anuales son:

$$\text{horas_necesarias} = \frac{17157,12}{0,92 * 1,23} = 15.161,2 \text{ horas}$$

Los días disponibles en el año fiscal es de 205 días y el absentismo es del 12%. Con esto, las horas disponibles anuales por operario son las siguientes:

$$\text{horas_disponibles_anuales} = \frac{205 * 8}{1 + 0,12} = 1464,3 \text{ horas}$$

Por lo tanto, el número medio de operarios necesarios será el ratio entre las horas necesarias y las horas disponibles por operario como se muestra a continuación:

$$n^{\circ}\text{operarios_necesarios} = \frac{15616,2}{1464,3} = 10,36 \text{ operarios}$$

El resultado anterior muestra que con 11 operarios sería posible cumplir los requerimientos. El problema que surge es que la producción planificada no es constante a lo largo del año. Por este motivo, se dispone de 12 operarios para poder cubrir todo el plan.

La Tabla 5.1 muestra los datos mensuales de horas disponibles y número de operarios necesarios en cada mes del año fiscal:

Tabla 5.1. Datos mensuales de carga de máquina durante 2012

Mes	Cajas	Horas estándar necesarias	Horas necesarias	Días disponibles	Horas disponibles	Operarios necesarios
noviembre-11	144	881,1072	778,6	18	128,6	6,1
diciembre-11	130	795,444	702,9	13	92,9	7,6
enero-12	160	979,008	865,2	15	107,1	8,1
febrero-12	200	1223,76	1081,4	20	142,9	7,6
marzo-12	270	1652,076	1459,9	18	128,6	11,4
abril-12	270	1652,076	1459,9	18	128,6	11,4
mayo-12	270	1652,076	1459,9	16	114,3	12,8
junio-12	290	1774,452	1568,1	16	114,3	13,7
julio-12	290	1774,452	1568,1	18	128,6	12,2
agosto-12	180	1101,384	973,3	11	78,6	12,4
septiembre-12	300	1835,64	1622,2	18	128,6	12,6
octubre-12	300	1835,64	1622,2	24	171,4	9,5
Total	2804	17157,1152	15161,8	205	1464,3	10,4

Finalmente, con los datos obtenidos se justifica que durante el año fiscal 2012 el número de operarios sea de 12.

5.5 Capacidad de producción de la línea inicial

El cuello de botella del proceso se produce en la zona de montaje final. Para respetar la confidencialidad de John Deere Ibérica, se supone un tiempo estándar del proceso de montaje final de 3,464 horas. En este proceso como máximo pueden trabajar 2 personas. Además, se debe tener en cuenta que está establecido en la empresa John Deere Ibérica, que la eficiencia con la que trabaja cada operario es del 130%. Es decir, en una jornada de trabajo de 8 horas, deben devengar lo producido en 10,4 horas. Por lo tanto, durante un turno en que los 2 puestos de montaje final estén ocupados por un operario, la capacidad máxima de producción es la que se muestra a continuación:

$$n^{\circ}_{\text{cajas_turno}} = \frac{\text{Horas}_{\text{turno}} * \text{eficiencia} * \text{puestos_montaje}}{\text{tiempo_estándar_caja}}$$

$$n^{\circ}_{\text{cajas_turno}} = \frac{8 * 1,3 * 2}{3,464} = 6 \text{ cajas/turno}$$

Y por lo tanto, durante un día completo con 3 turnos de 8 horas y 2 personas en cada puesto de montaje final, se podrán ensamblar:

$$n^{\circ}_{\text{cajas_diarias}} = 3 \text{ cajas} * 2 \text{ puestos} * 3 \text{ turnos} = 18 \text{ cajas diarias}$$

Este dato de 18 cajas montadas diariamente es en el supuesto de que durante la jornada de trabajo no ocurre ninguna incidencia como pueden ser una avería de máquina, rotura de un útil o falta de algún material.

5.6 Requerimientos de producción

Los requerimientos de producción vienen definidos por la demanda de cosechadoras en las que va montada la caja de 5 velocidades. Como se ha explicado anteriormente, esta demanda está en aumento y, como consecuencia, la producción de cajas de 5 velocidades también.

En el apartado anterior donde se ha calculado la carga de máquina para la línea, se muestran las cajas necesarias para cumplir con el cliente durante el año fiscal 2012.

Para el año fiscal 2013 (desde noviembre de 2012 a octubre de 2013) la producción planificada continúa en aumento como se observa en la Figura 5.11.

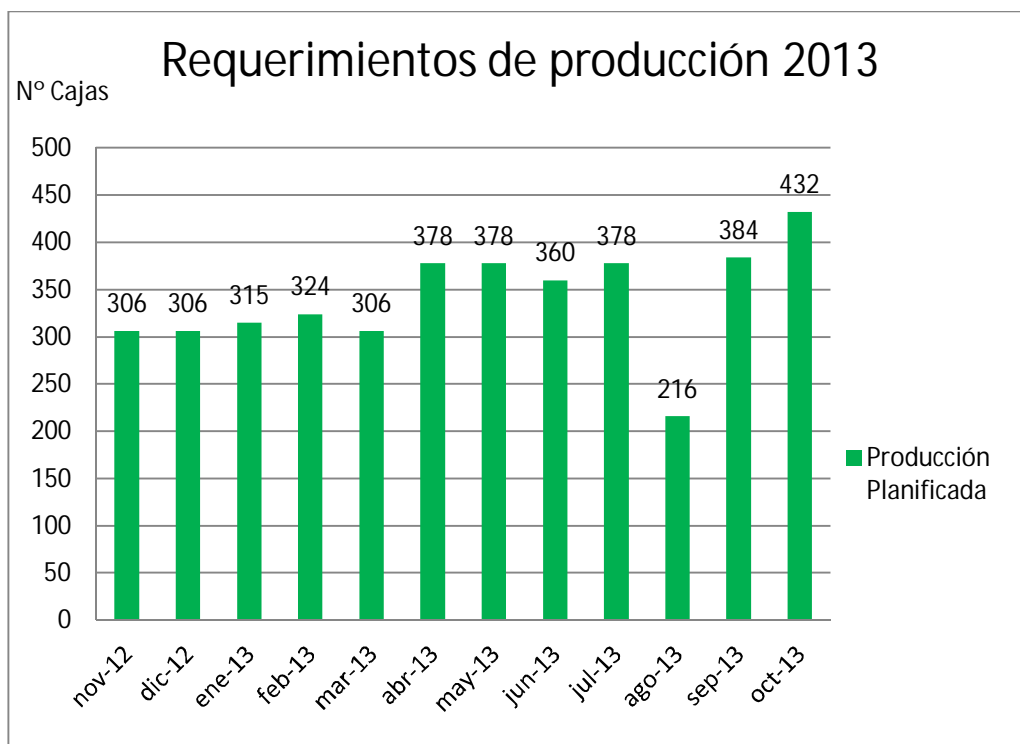


Figura 5.11. . Requerimientos de producción año fiscal 2013

Los datos de ambos gráficos predeterminan que el mercado de cajas de 5 velocidades continuará en aumento en los próximos años.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los datos del apartado anterior de 18 cajas máximas producidas diariamente, se obtiene que la capacidad de la línea actual no es suficiente para llegar al objetivo de cajas mensuales en el futuro. Es decir, suponiendo un mes con 22 días hábiles, el máximo de cajas que se podrían montar sin darse ninguna incidencia que retarde al operario en su trabajo sería:

$$cajas_máximas = 22días * \frac{18cajas}{día} = 396 cajas$$

A la vista de este resultado, el cambiar el sistema de montaje de la línea de 5 velocidades es imprescindible para poder cumplir con la producción futura. Además de este motivo, existen otros diferentes que promueven el cambio de la distribución de la línea de montaje.



Capítulo 6: Sistema de transporte por inducción

6 SISTEMA DE TRANSPORTE POR INDUCCIÓN

El sistema de transporte por inducción implantado en la línea de montaje de cajas de transmisión de 5 velocidades está basado en los sistemas AGVs. Esta instalación está compuesta por 5 carros que transportan la caja de transmisión a través de un circuito inducido en el que están distribuidos 4 puestos de montaje. En ellos están incluidos diferentes elementos para su buen funcionamiento. La conexión existente entre el ordenador de control de la línea y la fábrica, asegura la trazabilidad de la pieza en todo su proceso de montaje.

6.1 Sistema AGV (Automated Guide Vehicle)

Los sistemas AGV (Automated Guide Vehicle) nacen durante la década de 1950 para automatizar procesos industriales. Estos vehículos autónomos son capaces de circular por caminos predefinidos de manera automática, prescindiendo de un conductor. Están destinados a hacer procesos repetitivos como la recogida, traslado y depósito de materiales desde poco peso hasta incluso 100 toneladas. Los vehículos siguen una ruta predeterminada de manera continua.



Figura 6.1. Sistema AGV

6.1.1. Características

Este tipo de vehículos autoguiados presentan las siguientes características:

- **Mecánica base:** la forma y propiedades del vehículo vendrán determinadas por la función para la cual haya sido diseñado.
- **Sistema de alimentación por baterías:** la energía necesaria para realizar los movimientos la obtienen de un sistema de baterías. Éstas pueden ser de plomo ácido, de gel o de níquel cadmio. Además, la carga de estas baterías se puede realizar de forma manual (un operario cambia la batería gastada por una cargada), automática (un sistema automático extrae la batería gastada y la reemplaza por una nueva) o en caliente (el vehículo se conecta a un cargador de baterías sin necesidad de ser apagado).
- **Seguridad:** los AGVs están dispuestos de diferentes sistemas para garantizar la seguridad de las personas y objetos que los rodean. Algunos de estos sistemas de seguridad son:

- Escáneres láser de seguridad: sirven para cubrir perimetralmente el área del AGV. Este sistema reduce la velocidad del AGV cuando detecta presencia en una zona próxima y se detiene cuando la presencia está más cerca aun del perímetro del vehículo. Estas distancias se pueden programar en función de la zona por la que circule el vehículo.
 - Bumpers: estos protectores blandos se emplean para guardar zonas desprotegidas por otros sistemas de seguridad.
 - Sensores de proximidad: se emplean para detectar presencia cercana al AGV.
 - Sistemas de seguridad para el manejo de la carga: su función es detectar el estado de la carga que se transporta.
- **Sistemas operativos:** se encargan de tratar las señales recibidas por los diferentes sensores de guiado.
- **Sistemas de diagnóstico:** permiten analizar el funcionamiento del vehículo en cualquier momento.
- **Sistemas de guiado:** existen diferentes sistemas para el guiado del vehículo por el suelo. Algunos de ellos son los siguientes:
 - Sistema de guiado láser por reflectores.
 - Sistema de guiado láser por contorno.
 - Sistema de guiado por puntos magnéticos.
 - Sistema de guiado por banda magnética.
 - Sistemas de guiado óptico.
 - Sistemas de guiado filoguiado.

6.1.2. Ventajas de los sistemas AGV

- Precisión y seguridad de funcionamiento: cuentan con diferentes sensores y sistemas de seguridad para evitar posibles accidentes.
- Tecnología más avanzada: el campo de los vehículos autoguiados está en constante desarrollo técnico para con el mismo coste obtener un menor mantenimiento y mayor duración de la batería entre otros.
- Mejor tracción: los sistemas AGV cuentan con sistemas de amortiguación para adaptarse a unas condiciones de suelo imperfectas.
- Menor mantenimiento: los vehículos están diseñados para optimizar su vida con componentes sin necesidad de mantenimiento. Además, con la incorporación de buses de campo se minimiza el número de cables de las máquinas.
- Mejor manejabilidad en modo manual: estos vehículos están diseñados para, también, poder trabajar en manual, por lo que incorporan timones y mandos para su utilización en manual.

6.2 Sistema de transporte por inducción

Este sistema de transporte sin contacto, utilizado en este proyecto y basado en los sistemas AGVs, trabaja bajo el principio de transferencia inductiva. En esta técnica, la energía eléctrica se transfiere desde un conductor fijo a una o más cargas móviles. El proceso de montaje empieza en el puesto 1 y avanza durante los 3 puestos siguientes hasta que en el puesto 4 finalmente se evacúa la caja del carro.

6.2.1. Ventajas del sistema

- Transferencia de energía sin desgaste:
 - Los componentes no se desgastan y no requieren mantenimiento.
 - No hay contaminación procedente de los restos de materiales desgastados.
 - No hay emisión de ruido.

- Layout del sistema:
 - El layout del sistema viene determinado por el proceso y no por el diseño del sistema de transferencia de energía.
 - La instalación de cables es subterránea.
 - No existen obstáculos creados por el sistema por lo que puede existir tráfico cruzado, como por ejemplo carretillas o personas.

- Cables aislantes:
 - No son alterados por contaminación, humedad o temperatura.

6.2.2. Componentes del sistema de inducción

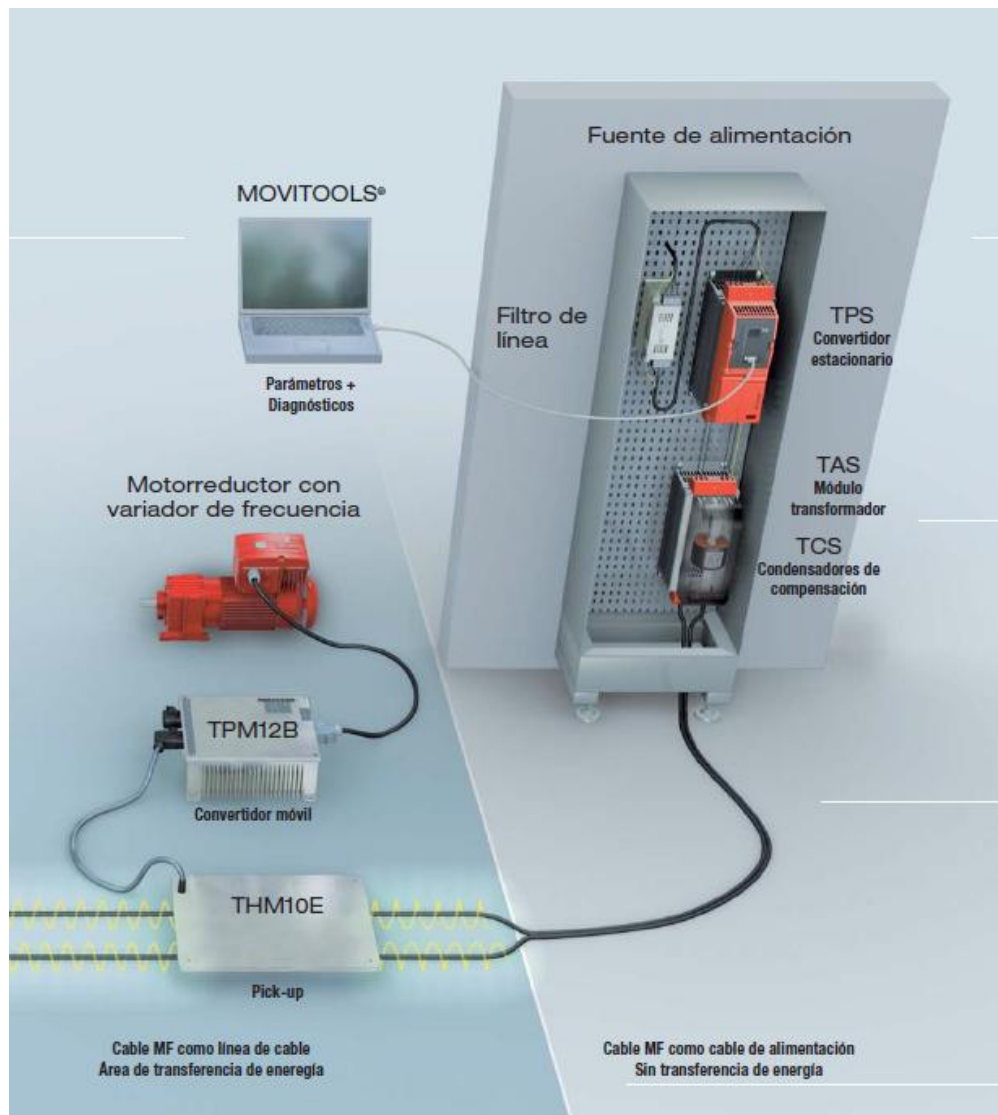


Figura 6.2. Componentes del sistema de inducción

El esquema de la Figura 6.2 muestra el funcionamiento del sistema de inducción. El cable conductor de la instalación está tendido bajo el suelo. Este cable conductor recibe la corriente alterna de la fuente de alimentación y realiza la función de circuito primario. La antena, o pick-up, es el circuito secundario y está dispuesta en la parte inferior del carro, por lo que esta parte es móvil. Entre ambos circuitos, existe una distancia de aproximadamente 10cm favoreciendo la inducción. La antena sirve

para obtener magnéticamente, sin contacto, la energía desde el conductor de línea estacionario. Ésta corriente alterna recogida se transforma en continua en el convertidor móvil para así poder controlar el flujo de corriente. El motor genera el movimiento rotatorio a partir de corriente alterna, por lo que el variador del que está dispuesto, transforma ésta ultima en alterna de nuevo. El movimiento de rotación generado por el motor, se transmite a través de un eje a una rueda dentada.

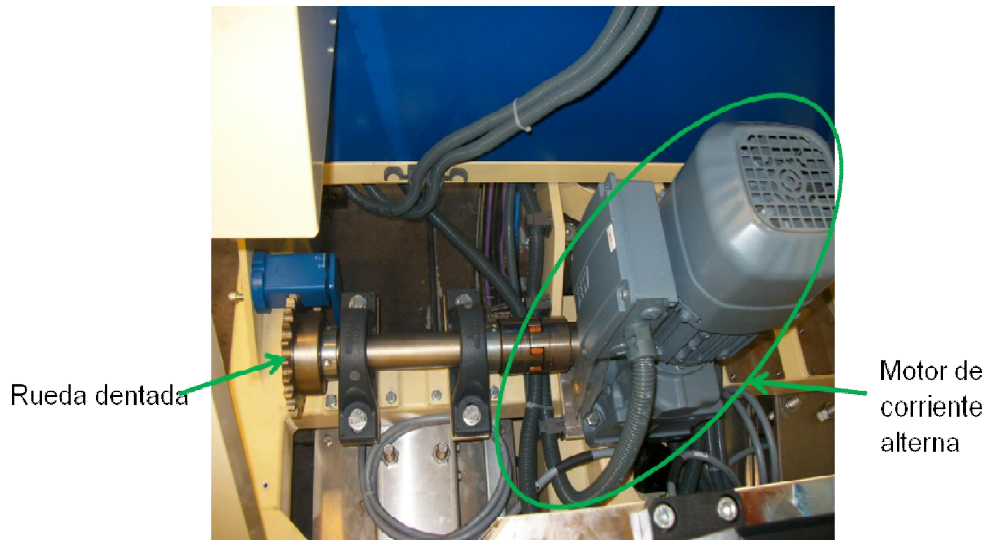


Figura 6.3. Motor de avance del carro

Esta rueda dentada, a su vez, le transmite el movimiento giratorio a un piñón situado en la parte inferior del carro a través de una cadena dentada. Por último, mediante el mismo sistema de transferencia de movimiento, el piñón transmite su giro a una corona que comparte eje de giro con la rueda trasera derecha del carro como se observa en la Figura 6.4.

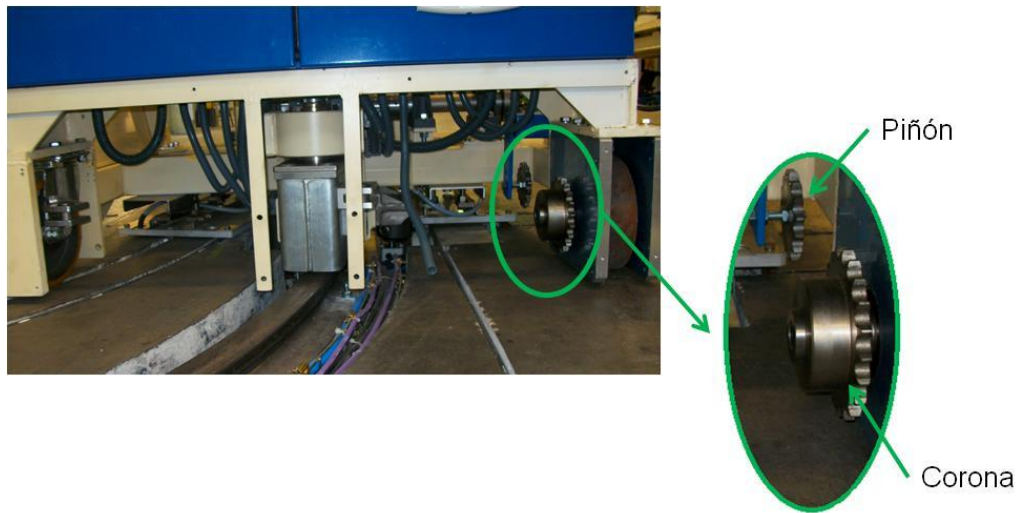


Figura 6.4. Componentes del sistema de avance del carro

Los 5 carros de los que está compuesta la línea se guían mediante un sistema de filoguiado por raíl. El camino que siguen los carros está compuesto de 4 puestos de montaje y una vía muerta en la que uno de los carros está estacionado para su utilización en el caso de avería en cualquiera de los otros 4 restantes. Esta distribución es la que se muestra en la Figura 6.5.

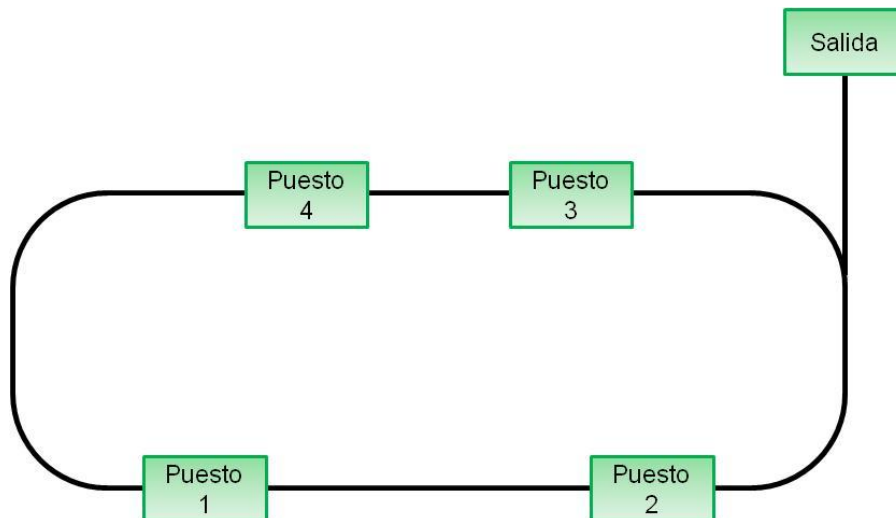


Figura 6.5. Posición de los puestos en la línea

6.2.3. Componentes del sistema de seguridad

A continuación, se describen los elementos de seguridad presentes en la instalación.

6.2.3.1. Paros de emergencia

En caso de emergencia, se debe accionar inmediatamente el pulsador de seta de “Parada de emergencia” de la máquina.

Se debe diferenciar entre los pulsadores situados en el armario principal y en los báculos y cualquiera de los instalados en los carros:

- La acción resultado de pulsar la emergencia situada en el armario principal o en los báculos, hace que se interrumpa instantáneamente la alimentación a los grupos hidráulicos y, mediante el sistema de inducción, a los carros.



Figura 6.6. Pulsador de parada de emergencia en báculo

- El resultado obtenido de pulsar la emergencia situada en el carro provoca que se detengan todos los movimientos que estuviera realizando el carro en ese momento.



Figura 6.7. Pulsador de parada de emergencia en el carro

6.2.3.2. Escáner

En cada carro está instalado un escáner de zona que controla el avance del carro desde un puesto de trabajo al siguiente y el sistema de giro de la caja una vez que se está trabajando en el puesto.



Figura 6.8. Escáner

Si se accede a la zona delimitada por el escáner durante el movimiento giratorio de la caja, el volteador se detiene automáticamente y no podrá volver a girar hasta que la zona no esté liberada.

Durante el traslado, el escáner delimita 2 zonas: una zona exterior que, al acceder a ella, disminuye la velocidad del carro y una zona interior que detiene el movimiento

inmediatamente. Si la zona de seguridad está interrumpida, para reanudar el movimiento de avance, se debe pulsar el botón de “Rearme” en el cuadro del carro.

6.2.3.3. Pulsador de Hombre-Muerto

En cada carro está instalado un pulsador de seguridad hombre-muerto cuya función consiste en realizar el movimiento de traslación de avance y retroceso del carro. Para poder ejecutar este movimiento es necesario que el carro esté en manual.

El interruptor dispone de un pulsador de 3 posiciones. En la posición 1, cuando no existe presión sobre el pulsador, el carro está parado. En la posición intermedia del pulsador se permite poner en marcha el movimiento. Cuando el pulsador está completamente presionado, el mando sensitivo envía una señal de parada a la máquina.



Figura 6.9. Pulsador de hombre-muerto

6.2.3.4. Bumper

En la parte posterior de cada carro está montado un parachoques de seguridad para evitar la colisión del carro con algún obstáculo durante el retroceso mediante el pulsador de hombre-muerto.

Igual que en el caso del escáner, para reanudar el movimiento de traslación es necesario pulsar el botón de “Rearme” en el cuadro del banco.

6.2.3.5. Controlador de los elementos de seguridad en el carro

Todos los carros disponen de un controlador de seguridad. Todos los dispositivos de seguridad están conectados a este sistema.

En caso de fallo de este dispositivo, no es posible rearmar ningún elemento de seguridad en el carro.



Figura 6.10. Controlador de elementos de seguridad en el carro

6.2.4. Funcionamiento

Para comenzar con la utilización del sistema de inducción, el primer paso es la puesta bajo tensión del armario principal. Para continuar, se procede a rearmar las

emergencias generales situadas en el armario y los báculos de cada puesto. El botón “Rearme de seguridades” se ilumina fijo una vez que se ha rearmado la instalación.



Figura 6.11. Botones del armario principal

El sistema de inducción que alimenta a los carros que transitan por la línea, debe ser puesto en marcha tras energizar los carros. Para ello, se debe pulsar el botón “Reset Movitrans” situado en el armario principal. Este botón parpadea cuando el sistema se encuentra en fallo o parado y se ilumina fijo cuando está en marcha. Es posible realizar un paro del sistema de inducción, si se considera necesario mediante el botón “Paro Movitrans”. Esta acción corta la alimentación a los carros dejándolos parados instantáneamente.

Si no existen alarmas en el cuadro principal, se selecciona el modo automático de la instalación mediante el selector “Man-Auto” y posteriormente, se pulsa el botón de “Marcha”. Tras este procedimiento, el sistema de inducción está preparado para funcionar.

Para realizar el rearme de los carros, se debe pulsar el botón “Rearme Seguridades” situado en la parte posterior de los carros. Este botón rearma tanto las emergencias como el escáner y el bumper. Cada uno de los elementos anteriores se señalizan con una intermitencia si están en fallo o luz fija si están funcionando correctamente.

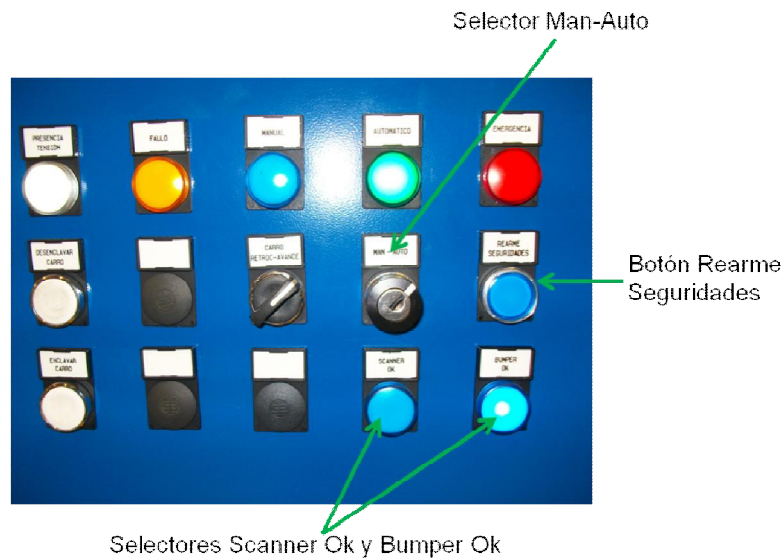


Figura 6.12. Botones del armario de seguridad del carro

El selector “Man-Auto” debe estar situado en posición Auto. Únicamente en casos excepcionales se debe posicionar el selector en Manual para realizar las operaciones.

Si algún carro se encuentra en tránsito entre puestos y se realiza el arranque de la instalación, se debe observar la situación de los topes de enclavamiento de carros en los puestos. Esto es así ya que el carro no detecta la posición elevado de los cilindros, con los cual es posible el choque mecánico entre carro y cilindros si no se toman las precauciones convenientes.



Figura 6.13. Cilindro de enclavamiento

Una vez que el carro se encuentra en el puesto 1 de montaje, éste establece comunicación con el ordenador de control de la línea mediante el sistema de transmisión por infrarrojos. El operario debe leer el código de barras de la caja que procede a montar y de forma automática se registra en trazabilidad. En ese momento, el sistema de trazabilidad emite el permiso necesario al PLC de la línea para enclavar el carro activando los 3 cilindros de posicionamiento. Una vez que esto es así, se enciende la luz verde de la baliza situada encima del armario del carro indicando al operario que es posible empezar con el montaje.

Durante la estancia en cada uno de los puestos de montaje, el operario debe girar la caja. Para este fin, se dispone de unos pulsadores con función de seguridad bimanual que realizan la operación de volteo.

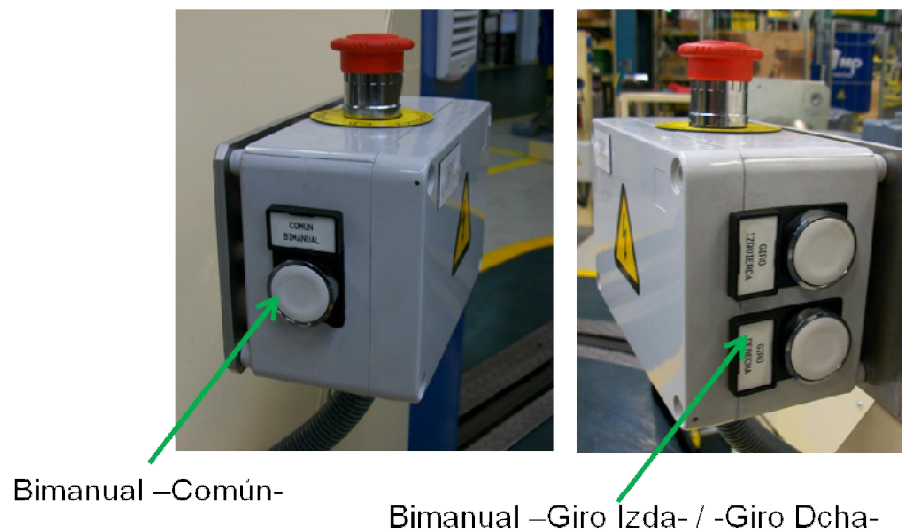


Figura 6.14. Pulsador bimanual

El tiempo de permanencia de los carros en los puestos está controlado mediante unos temporizadores que se configuran en la pantalla de la línea e indican al operario, mediante la baliza situada encima del carro (sistema andón), si está en tiempo de ciclo o se está excediendo en el proceso de montaje de ese puesto.



Figura 6.15. Baliza con luces andón

En el momento en el que el operario finaliza los trabajos pertinentes del puesto, debe informar al sistema de trazabilidad, a través de la pantalla, y éste sistema emite el permiso de salida al carro para que éste se desplace automáticamente hasta el siguiente puesto de montaje si se cumplen las condiciones de seguridad necesarias.

Como condición de entrada y salida de los puestos, el estado del kit, compuesto por un cojinete de bolas y una pista para rodamiento cónico, debe ser correcto. En caso de ser incorrecto, el sistema de trazabilidad lo indica en las pantallas.



Figura 6.16. Kit con rodamiento y pista esclavos

Tanto a la llegada del carro al puesto como a la salida de éste hacia el siguiente puesto de montaje, no se debe interrumpir la comunicación Profibus a través de los infrarrojos desde el carro a los báculos de cada puesto.

En los siguientes puestos de montaje 2, 3 y 4 se procede del mismo modo que en el puesto 1 descrito anteriormente, a excepción de que no es necesaria la lectura del código de la caja.

En la línea de transporte se dispone de una vía de servicio en la que es posible estacionar uno de los carros para su reparación o por no ser necesaria su presencia en el circuito. Esta vía es accesible a los carros por la existencia de un desvío entre el puesto 2 y el puesto 3 que se acciona desde el armario principal siempre y cuando se cumplan las condiciones necesarias de activación (instalación en modo Manual y ningún carro en tránsito entre los puesto 2 y 3). Para devolver el carro al circuito, el desviador debe estar en posición de desvío y el carro se mueve mediante el pulsador de hombre-muerto y en estado Manual hacia atrás hasta la posición que se indique finalmente en la instalación.



Desviador en posición circuito

Figura 6.17. Desviador de la línea

6.2.5. Modos de funcionamiento

6.2.5.1. Línea principal

Existen 2 modos de marcha principales en la instalación:

- **Manual:** en el armario principal el selector debe estar en la posición Manual y en la baliza superior la luz está en color azul. En este modo, es posible mover los cilindros de enclavamiento de cada puesto y el desviador.
- **Automático:** En el armario principal el selector debe estar en la posición Automático y la luz de la baliza en color verde. En este modo no es posible mover ningún elemento de la instalación desde la pantalla principal. Las órdenes a los carros se emiten automáticamente a través de la comunicación Profibus.
 - Vaciado: Dentro del modo Automático es posible seleccionar, mediante un botón situado en la pantalla principal, el modo vaciado. En este modo, se informa al carro situado en el puesto 1, si no tiene ninguna caja montada ni se ha iniciado el montaje, que debe evacuar el puesto en el momento que se cumplan las condiciones de seguridad.

6.2.5.2. Carros

Los carros tienen los siguientes 2 modos de marcha:

- **Manual:** el selector, situado en el armario principal, debe estar en la posición Manual. En este modo es posible la activación de los cilindros de enclavamiento de cada puesto si el carro está situado sobre el puesto y existe comunicación a través de los infrarrojos. Además de esto, los carros pueden ser movidos hacia delante o hacia atrás mediante el pulsador de hombre-muerto.

- **Automático:** La posición del selector del armario principal debe ser en Automático. En este modo, los desplazamientos realizados por el carro entre los puestos se realizan en automático, una vez que el sistema de trazabilidad da las órdenes oportunas. Tras enclavar el carro en el puesto de montaje, es posible girar la caja montada mediante los pulsadores bimanuales de giro.

6.3 Sistema de trazabilidad

El sistema de trazabilidad permite obtener un seguimiento de la caja de transmisión a lo largo de su ensamblaje en la cadena de montaje final. En cada uno de los puestos de montaje final se dispone de un panel de trazabilidad en la que se introducen los datos de las cajas que pasan por cada uno de ellos. En cada uno de los paneles, de forma general, se presentan 3 pantallas diferentes: pantalla de inicio, menú general y montaje. En el puesto de reproceso, se encuentra la pantalla general (PC) de trazabilidad desde la que se puede tener acceso a las otras 4 pantallas de cada puesto.

6.3.1. Pantalla inicial

Desde esta pantalla, el operario puede registrarse al iniciar el turno y cerrar la sesión al final de su jornada. En caso de que se haya iniciado sesión desde la pantalla del área de reproceso, desde cada una de las pantallas de cada puesto también es posible terminar la sesión y viceversa.



Figura 6.18. Pantalla inicial de trazabilidad

Cuando se inicia sesión desde el panel, se verifica con la base de datos del PC y si los datos de usuario y contraseña concuerdan, se resaltan en verde.

Al resto de pantallas del puesto es posible acceder pulsando sobre el icono grande de John Deere.

6.3.2. Menú general



Figura 6.19. Pantalla de menú general en trazabilidad

En esta se puede visualizar el menú principal. Desde esta pantalla, en datos, se accede a la pantalla de montaje donde se introducen los valores obtenidos durante el montaje.

6.3.3. Montaje

En esta pantalla están habilitados unos campos de datos para el número de serie de la caja, la cual se lee únicamente en el puesto 1 y otros datos de reglajes y aprietes correspondientes a cada puesto de montaje final.

El operador siempre puede introducir los datos manualmente. Para ello sólo debe pulsar sobre el botón “M” y en el caso de aprietes y kit electrónico aparecen los botones “OK” y “NO OK”. Si el dato a registrar es un valor numérico, al pulsar sobre “M” se habilita dicho campo para que el operario pueda introducir el dato a registrar.

En el momento en que se introduce un dato y el sistema lo considera correcto, se indica cambiando el fondo de los textos a color verde.

En todos los montajes finales se hace medición de suplementos a través de relojes, los cuales transmiten el valor medido a la pantalla de datos mediante el pulsador que tienen en uno de sus laterales.

En la parte inferior de la pantalla existen 3 botones: “Grabar y liberar”, “Cancelar” y “Aceptar”.

- **Grabar y liberar**

Cuando existe algún motivo por el que no es posible terminar el montaje, se debe pulsar este botón. Al seleccionarlo aparece una ventana como la que se ve en la Figura 6.20 donde se debe elegir el motivo por el cual no se puede terminar el montaje. Los datos introducidos hasta el momento se guardan en el PC para dejar constancia del punto en el cual se finalizó el montaje.



Figura 6.20. Pantalla de trazabilidad para introducir el tipo de defecto

Una vez que en el puesto se graba y libera el montaje, en los siguientes puestos no se puede seguir registrando datos, con lo cual al llegar al siguiente puesto de montaje aparece la siguiente ventana:



Figura 6.21. Pantalla de trazabilidad de caja defectuosa

Finalmente, al seleccionar esta opción, el sistema de avance de los carros libera el carro de dicho puesto y pasa de la misma manera a los montajes finales sucesivos hasta terminar la línea.

- **Cancelar**

Al pulsar este botón, se borran todos los datos del montaje almacenados hasta el momento sobre la caja.

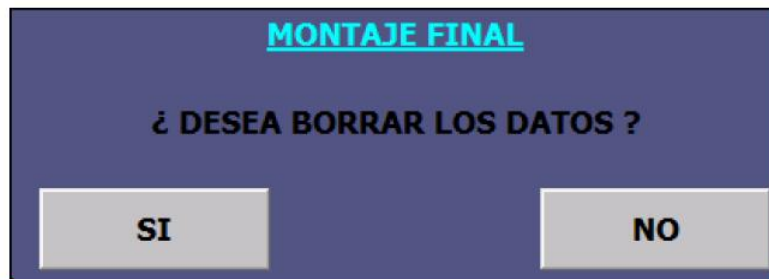


Figura 6.22. Pantalla de trazabilidad de cancelación de datos

- **Aceptar**

Este botón únicamente está habilitado una vez que se comprueba que todos los datos del montaje son correctos según las especificaciones de la pieza. Pulsando sobre este botón, se registra un nuevo montaje en la base de datos y se transfiere al sistema de inducción el número de serie de la caja, de manera que éste se pasa a los siguientes puestos hasta completar la línea. Al pulsar sobre el botón “OK” se resetean los datos para comenzar un nuevo montaje.

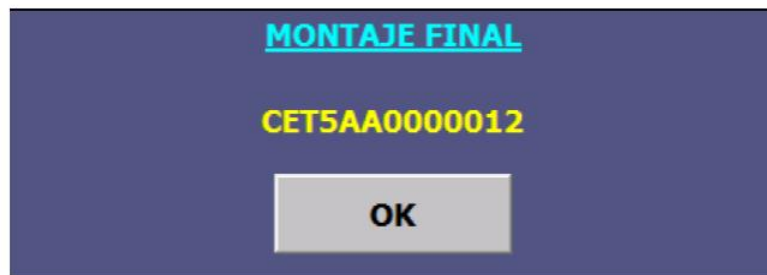


Figura 6.23. Pantalla de trazabilidad de aceptación de datos

6.3.4. Transferencia de datos con el sistema de transporte por inducción

En todos los puestos de montaje final se tiene un intercambio de datos con el sistema de transporte por inducción, el cual facilita al sistema de trazabilidad información

del montaje, activa bloqueos y libera el puesto para avanzar a lo largo de la línea. A continuación, se muestran algunos de las pantallas de aviso que aparecen en trazabilidad:

1. Cuando se pierde la comunicación con el sistema de transporte por inducción, pese a que es posible continuar con la grabación de datos, en la pantalla de datos aparece el siguiente texto:



Figura 6.24. Pantalla de trazabilidad de información de pérdida de comunicación

2. Si un carro deshabilitado llega a un puesto, no es posible realizar ninguna operación y en trazabilidad aparece la siguiente información:



Figura 6.25. Pantalla de trazabilidad de "carro no disponible"

3. Cuando un puesto está vacío, es decir, no hay ningún carro, aparece esta pantalla:



Figura 6.26. Pantalla de trazabilidad de "puesto vacío"

4. Cuando el puesto está preparado tras la llegada del carro, se habilitan los datos para iniciar el registro de ellos. También es posible que en ese momento, el kit con la pista y el de rodamiento, dispuestos en el carro con un sensor de detección de ambos, no esté según se requiere a la entrada del puesto. Por lo tanto, aparece el siguiente mensaje en la pantalla:



Figura 6.27. Pantalla de trazabilidad de "error en el estado del kit a la entrada"

5. Si el kit es incorrecto a la salida del puesto aparece lo siguiente:



Figura 6.28. Pantalla de trazabilidad de "error en el estado del kit a la salida"

6.3.5. Comunicación entre el sistema de inducción y trazabilidad

En el armario principal del sistema de inducción existe una pantalla táctil desde la que se pueden ver diferentes escenarios relacionados con el sistema de inducción. Uno de estos escenarios presenta los datos que se intercambian entre el sistema de inducción y la trazabilidad de la fábrica y que permiten llevar el control, gestión y seguimiento de las cajas montadas en cada uno de los carros y el estado de la instalación en general.

Los 2 parámetros existentes son "Num. Carro" y "Operación". El primero de ellos informa sobre el carro posicionado en cada uno de los 4 puestos. En el segundo, mediante un código numérico, se muestra la operación que registra el carro. Los 9 posibles números que aparecen describen las siguientes operaciones:

0. Puesto vacío.
1. Puesto preparado con carro.
2. Puesto con carro enclavado.
3. Caja defectuosa.
4. Trabajo en el puesto finalizado.

5. Carro en proceso de salida con el kit de rodamiento y pista correcto.
6. Datos aceptados y guardados.
8. Error en el estado del kit a la entrada.
9. Error en el estado del kit a la salida.

La Figura 6.29 describe el diagrama de flujo de operaciones.

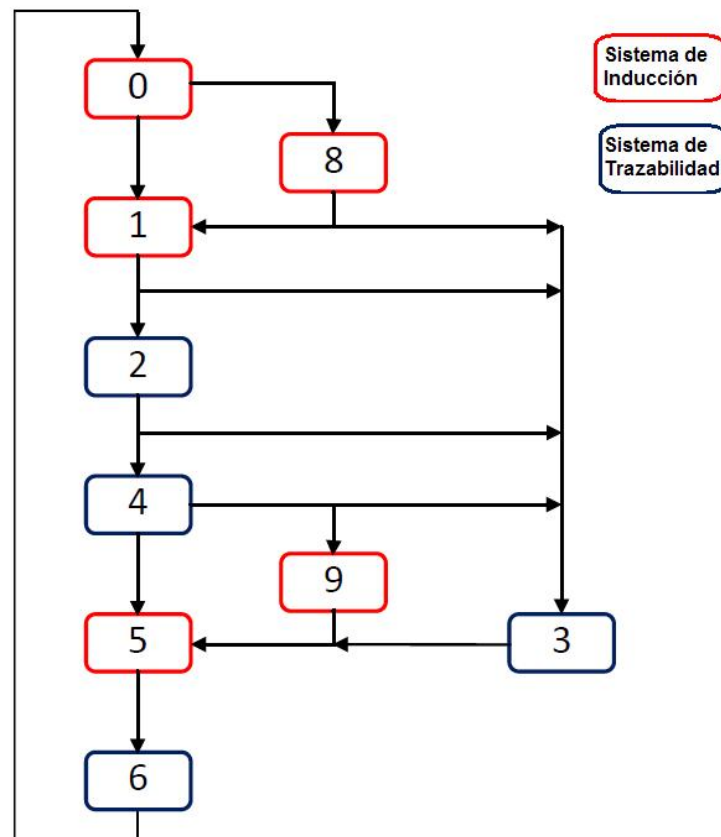


Figura 6.29. Diagrama de flujo de operaciones

A la entrada de los 4 puestos, el sistema de inducción registra un 0 en “Operación”. Si el kit con el rodamiento y la pista es correcto, se escribe un 1 en “Operación”. Si por el contrario, es incorrecto, este número será un 8. Si en el sistema de trazabilidad, todo es correcto, el carro se enclava pasando a constar un 2 en la casilla bajo “Operación”. Una vez realizadas todas las operaciones del puesto y el sistema de



trazabilidad las da por correctas se escribe automáticamente un 4. Si la caja es mala, el valor es de 3. Por último, si el estado del kit es correcto, el valor de “Operación” es 5 para, finalmente, cuando cambia a 6 el carro abandona el puesto.



Capítulo 7: Plan de montaje en nueva línea

7 PLAN DE MONTAJE EN NUEVA LÍNEA

El plan de montaje de la nueva línea engloba todos los procesos que se han desarrollado para conseguir un cambio principalmente en la distribución de la zona de montaje final e indirectamente con las zonas de premontajes y banco de prueba. Este proyecto se ha llevado a cabo para conseguir unas mejoras relacionadas con la seguridad, la calidad y la productividad de la línea.

Como se ha explicado con anterioridad, la capacidad de la línea inicial es insuficiente para poder cubrir la demanda de cajas de transmisión de 5 velocidades que se prevé en aumento en un futuro. Por lo tanto, principalmente este proyecto parte de la necesidad fundamental de aumentar la capacidad de producción de esta línea de montaje. Además, existen diversos puntos de mejora en otros ámbitos que serán llevados a cabo para conseguir una nueva línea de montaje moderna, segura, con garantía de calidad y capaz de adaptarse a las nuevas demandas de producción.

7.1 Fases de ejecución del proyecto

Las fases de ejecución del proyecto abarcan desde la detección del problema principal que plantea un cambio de línea hasta la puesta a punto de la nueva línea. En la Figura 7.1, se muestran las principales tareas llevadas a cabo durante el proceso de implementación de la nueva línea de montaje para cajas de transmisión de 5 velocidades.

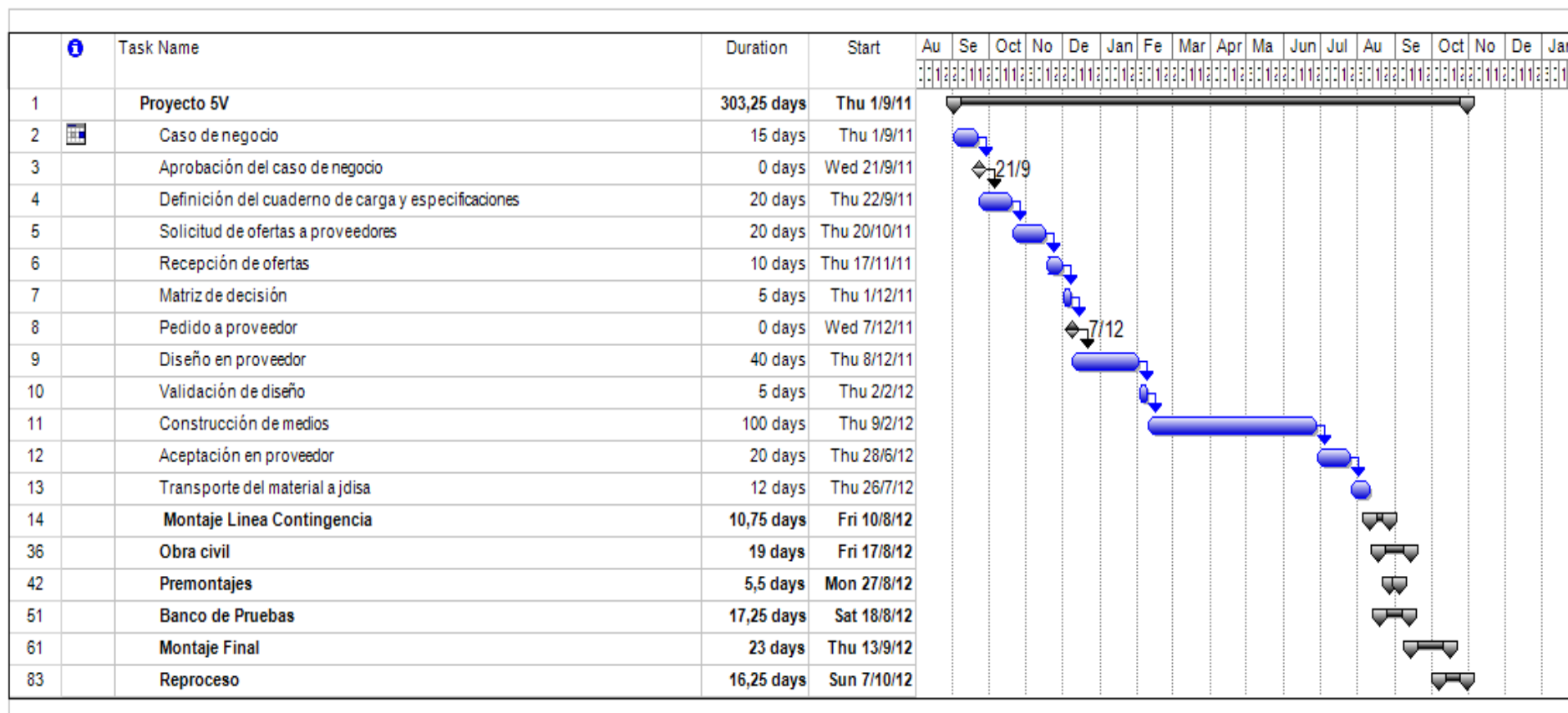


Figura 7.1. Planificación del proceso de implementación de la nueva línea de montaje

Como se muestra en la Figura 7.1, el primer paso para comenzar con el proyecto, es plantear el caso de negocio. Es en ese momento, cuando se propone comenzar un plan de aumento de la capacidad de producción de la línea de montaje de cajas de transmisión 5 velocidades. Tras la aprobación del caso de negocio, se procede a definir las especificaciones que se pretende conseguir con la nueva línea. Posteriormente, el cuaderno de carga se proporciona a diferentes proveedores para que oferten sus productos que sean capaces de cumplir con los requerimientos de la nueva línea. Una vez recibidas las ofertas por parte de los proveedores, los responsables de los departamentos de manufactura y producción realizan un resumen y análisis sobre las ofertas recibidas. A su vez, se redacta la matriz de decisiones. En ésta, se valoran numéricamente las distintas características de las ofertas y, finalmente, se decide por una de las empresas como proveedora para la implementación de la línea de montaje.

Una vez que se ha elegido el proveedor, se realiza el pedido. Más tarde, la empresa encargada de realizar el diseño de la nueva línea, envía un posible proyecto a John Deere Ibérica para confirme el pedido. La siguiente tarea en el proceso de implementación es la construcción de los medios para la nueva línea de montaje. En este caso, se fabrican los nuevos carros de transporte de la caja y la estructura por la que circulan y todos los equipos auxiliares. A continuación, diferentes responsables del área de ingeniería de producción y de manufactura se desplazan al lugar donde el proveedor ha montado una pequeña parte de la instalación de prueba para aceptar el pedido. Para finalizar esta parte del proceso, el proveedor transporta los carros y los demás equipos hasta las instalaciones de John Deere en Getafe (Madrid).

Para poder comenzar con la instalación de la nueva zona de montaje final en la línea, es necesario trasladar los bancos de montaje unificados hasta otro lugar para así desocupar la zona y poder continuar con la instalación. Esta línea de contingencia se sitúa en la minifábrica de mandos finales, de forma similar a como lo estaba en la línea inicial. El proceso de montaje de la línea de contingencia tiene una duración de 11 días hábiles.

Una vez que la zona de montaje final no contiene ningún elemento de la línea inicial, se procede con la obra civil. Para esta tarea, se protege el resto de la minifábrica del polvo y suciedad que se puedan provocar con lonas que cubren la parte de la obra como se muestra en la Figura 7.2.



Figura 7.2. Protección de la minifábrica de suciedad debido a la obra civil

Durante este proceso, se realizan diferentes tratamientos en el suelo sobre la parte en la que posteriormente irá el carril de guiado del carro de transporte de la caja. En la Figura 7.3, se muestra el desarrollo de la obra.



Figura 7.3. Obra civil

Durante la obra civil en la zona de montaje final, en las zonas de banco de prueba y premontajes se realizan diferentes modificaciones en elementos como prensas o puentes grúas.

La siguiente tarea es la relativa a la zona de montaje final. Durante los 23 días que dura el proceso, se implementa completamente el sistema de transporte por inducción. Una vez que la línea y todos los componentes están operativos, se finaliza el proceso de montaje en contingencia para comenzar con el montaje en la nueva línea. La Figura 7.4 muestra la nueva zona de montaje final terminada con los carros de transporte y todos los componentes que la acompañan.



Figura 7.4. Nueva línea de montaje en cadena de transmisiones de 5 velocidades

Por último, se instala la zona de reproceso de cajas defectuosas y se termina de colocar los materiales en las estanterías y de señalar las ubicaciones para herramientas y kits de montajes.

Para finalizar, las empresas que participan directamente en el proyecto son DSV, Ferroser, Reinos, MSAP y John Deere Ibérica (JDISA). A su vez, como se muestra en la Tabla 7.1, Ferroser y Reinos subcontratan otras pequeñas empresas para realizar diferentes trabajos.

Tabla 7.1. Empresas que participan en el proyecto

	Empresa subcontratada
Ferroser	Inserincal
	Power Clima
	Utilair
	Demag
Reinosa	Cotumer
	Polymet

7.2 Plan de montaje en línea de contingencia

La nueva línea de montaje de cajas de 5 velocidades está situada en el lugar que ocupaba la línea de montaje inicial. Por lo tanto, para poder comenzar con las obras para la nueva instalación, previamente se debe desocupar el lugar. Esto conlleva a que mientras las obras de la nueva instalación estén en curso no se pueda montar ninguna caja de 5 velocidades. Sin embargo, la producción debe continuar ya que no existe un inventario de cajas tan numeroso como para cubrir las varias semanas que dura la obra.

Para poder solventar este problema, se idea un plan de contingencia. Éste procedimiento se basa en trasladar la zona de montaje final, que es la única que se ve afectada por la obra civil, hasta otro lugar de la fábrica y así poder continuar con el montaje de cajas de 5 velocidades. Este trabajo en degradado es bastante similar al realizado en la línea inicial. Así mismo, se realiza un plan de revisión del A.M.F.E. (análisis modal de fallos y efectos) para que la calidad del producto no se vea mermada.

7.2.2. Proceso de montaje en degradado

El proceso de montaje en degrado continúa siendo el mismo, como se muestra a continuación.

- **Premontajes**

Un operario ensambla los diferentes premontajes en la zona destinada para ello en la minifábrica de cajas pesadas. Anteriormente, estos premontajes se depositaban en caminos de rodillos que comunicaban con la zona de montaje final. Esta operación ya no existe ya que la zona de montaje final se encuentra en otra minifábrica. Para poder trasladar los premontajes entre las naves, se dispone de unos carros como el que se muestra en la Figura 7.6, con una ubicación para un juego de cada uno de ellos.



Figura 7.6. Carro para el traslado de premontajes hasta línea de contingencia

Una vez que el operario ha rellenado un carro con todos los premontajes, lo traslada hasta la zona de montaje final con la ayuda de una carretilla elevadora.



Figura 7.7. Carro de traslado de premontajes con un juego de premontajes

- **Montaje final**

En esta zona, 2 operarios siguen el proceso de montaje establecido para el ensamble de la caja. En este caso, se abastecen de los premontajes situados en cada carro, en lugar de los caminos de rodillos. Ambos operarios comparten una única prensa. El material y los útiles están situados alrededor de cada zona de montaje final.

Una vez que ensamblan la caja, la voltean en el dispositivo destinado para ello y ésta queda en un camino de rodillos para que posteriormente se traslade hasta la zona del banco de prueba instalada en su lugar inicial en la nave de cajas pesadas.

- **Banco de prueba**

Finalmente, la caja es rodada al igual con el mismo procedimiento que se seguía previamente a la obra de la instalación de la nueva zona de montaje final. Una vez que la caja se ha probado en el banco y se ha confirmado que no sufre ningún desperfecto, se traslada hasta la zona de pintura y embalaje.

7.2.3. Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura en degradado

El tiempo estándar trabajando en degradado es aproximadamente el mismo que el tiempo estándar en la línea inicial. Como se ha explicado anteriormente, el cambio más relevante respecto a la línea de montaje anterior es los traslados desde la zona de premontajes hasta la zona de montaje final y de ésta a la zona del banco de prueba ya que el montaje final se realiza en otra nave. Otras pequeñas modificaciones de distribución en la zona de montaje final obligan a ejecutar más movimientos por parte del operario.

Para mantener la confidencialidad de John Deere Ibérica, se supone un valor 630,24 horas, que es un valor bastante similar al aplicado en la línea inicial de montaje.

7.3 Descripción de la nueva línea de montaje

La nueva línea de montaje ha sufrido su principal modificación en la distribución de la zona de montaje final, que era el cuello de botella del proceso. Esta zona está compuesta por 4 puestos de montaje de forma que simultáneamente se pueden encontrar 4 operarios trabajando. En cada puesto se realizan una serie de operaciones, diferentes de las demás, según requerimientos del proceso de ensamblaje. Además, se ha añadido una zona de reproceso de cajas provista de todo el material y útiles para poder reprocesar y montar una caja. La zona de premontajes y de banco de prueba a penas ha sufrido modificaciones y, por lo tanto, su distribución respecto de la línea inicial continúa igual.

La línea de montaje consta de las siguientes partes:

1. Zona de premontajes:

- Ejes
- Embragues
- Eje de entrada

2. Zona de montaje final:

- Montaje Final 1
- Montaje final 2
- Montaje final 3
- Montaje final 4

3. Zona de banco de prueba:

- Banco de rodadura

4. Zona de reproceso de cajas.

En la Figura 7.8, se muestra la distribución de las diferentes partes de la línea:

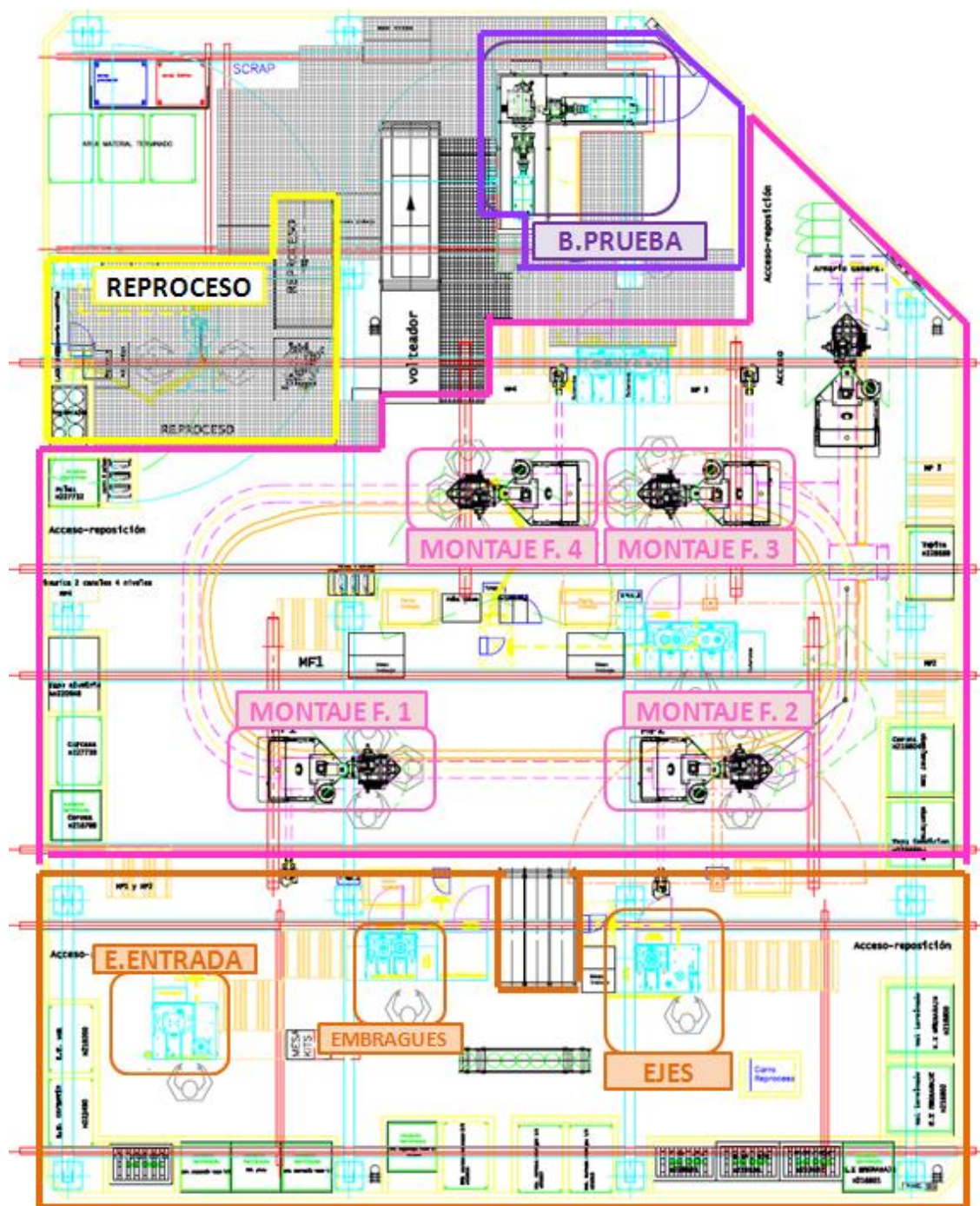


Figura 7.8. Layout de la nueva línea

7.3.1. Zona de premontajes

Como se ha explicado con anterioridad, en la zona de premontajes las modificaciones de distribución son mínimas.

Para conseguir más espacio en la zona de montaje final, las prensas, estanterías y caminos de rodillos que comunican con la zona de montaje final se han trasladado 50 cm por igual.

EL sistema donde se depositan los embragues C4 y C5 para su posterior utilización en la zona de premontaje de ejes es una estructura con 2 caminos de rodillos inclinados. Cuando el operario premonta los embragues, con ayuda del polipasto los deposita y gracias a esta inclinación, caen hacia el lado del puesto de premontaje de ejes. Más tarde, el operario que premonta los ejes, de igual manera, retira el embrague del camino de rodillos y lo traslada hasta su puesto para ensamblarlo junto con los ejes correspondientes.

En la línea de montaje final, ambos operarios de los puestos de montaje final se abastecían simultáneamente de los premontajes. Por este motivo, los caminos de rodillos que comunicaban las dos zonas eran mayores en número y longitud. Con este nuevo modelo de línea, los caminos de rodillos se han reducido en ambos sentidos.

La distribución de material, maquinaria y útiles para el montaje no se ha modificado.

7.3.2. Zona de montaje final

La zona de montaje final ha sido modificada tanto en su distribución como en la metodología de montaje. A grandes rasgos, se ha pasado de disponer de dos puestos individuales de montaje donde el proceso era unificado a 4 puestos de montaje en los cuales se realiza una sola parte del proceso de montaje final, es decir, una línea de montaje en cadena.

Los tiempos de cada puesto deben estar equilibrados para evitar tiempos de espera. Al existir 4 puestos de montaje, el tiempo dedicado en cada puesto es de aproximadamente un cuarto el tiempo estándar del proceso de montaje final. El equilibrar el tiempo estándar de cada puesto es fundamental a la hora de diseñar una línea de montaje en cadena.

En el Anexo I, se muestran las hojas de datos mecánicos del proceso de montaje final, especificando las tareas realizadas durante los 4 puestos de montaje final.

7.3.2.1. Montaje final 1

En el puesto 1 comienza el proceso de montaje de la caja. El carro llega a este puesto vacío, es decir, es en él donde se acopla la carcasa principal al carro con la ayuda de 4 sufrideras.



Figura 7.9. Carro a la llegada al puesto 1

La primera operación a realizar es la lectura con un lector de código de barras de la chapa identificativa de la caja. Una vez que se ha realizado esta operación y queda registrada en el sistema de trazabilidad automáticamente, los cilindros de enclavamiento se activan y el carro queda inmóvil para poder comenzar a trabajar. Posteriormente, se fija la carcasa al carro. A continuación, se aplica grasa en el alojamiento para las pistas que soportan los rodamientos cónicos de cada uno de los dos ejes de salida y se introducen ambas con la ayuda de una buterola y un mazo de golpeo. Una vez realizada esta operación, se procede a introducir los premontajes en la carcasa según marca el proceso:

1. Eje intermedio
2. Embrague C1
3. Eje de salida del cuerpo de válvulas
4. Embrague C5
5. Embrague C2
6. Corona en eje intermedio que engrana con el embrague C2

El eje del cuerpo de válvulas contiene un engranaje cónico. Su pareja, acoplada en el eje de entrada, se monta en el puesto 4. Como se ha explicado anteriormente, el fabricante de engranajes cónicos proporciona la holgura existente entre los dientes de un par de engranajes, o backlash, por lo tanto, es importante que esos dos engranajes se monten juntos en la misma caja. Para que esto sea así, el eje de entrada se deposita en el carro en el puesto 1, tras el montaje del otro engranaje acoplado en el eje de salida del cuerpo de válvulas, para su posterior montaje en el puesto 4. Además, en la pantalla de trazabilidad se debe introducir el número de serie de la pareja de grupos cónicos.

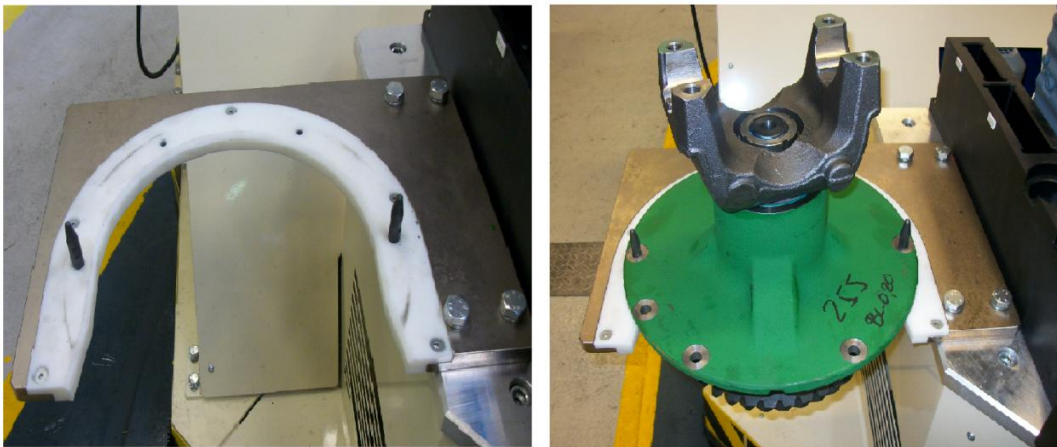


Figura 7.10. Ubicación en el carro para eje de entrada

Una vez ubicados todos los premontajes en la carcasa, ésta queda orientada con el lateral de salida del eje del cuerpo de válvulas hacia arriba.

En esta posición, se coloca una anilla elástica en la ranura del eje intermedio, para evitar el desplazamiento de la corona. Igualmente, se coloca otra anilla elástica para evitar el movimiento del embrague C2. Tras inmovilizar las piezas anteriores, se aplica grasa en el eje intermedio para introducir un rodamiento sobre el embrague C2.

A continuación, se realiza un primer reglaje del eje del cuerpo de válvulas. Para ello, se coloca la pista esclava sobre el rodamiento exterior de este eje de salida y el rodamiento esclavo sobre la corona del eje intermedio. Con ayuda de 2 comparadores sonda, se realiza la medición de la holgura que existe entre la altura de la tapa de

aluminio y el eje de salida del cuerpo de válvulas. Se debe obtener un primer valor de holgura entre 1,50 mm y 1,90 mm y se introduce en el sistema de trazabilidad de forma manual en la pantalla. Con este dato, se obtiene un primer valor de suplementos que se deben introducir entre la tapa de aluminio y la pista que protege el rodamiento cónico del eje de salida del cuerpo de válvulas en el puesto 3.

Por último, se atornilla de forma provisional con una pistola de par de aproximación la tapa que encierra el lateral del cuerpo de válvulas fabricada de aluminio y se introduce su número de serie en la pantalla de trazabilidad.

Si todos los valores que debe contener el sistema de trazabilidad son válidos y la pista y rodamiento esclavos están montados en la tapa de aluminio, es decir, el sensor colocado en los huecos donde se introducen ambos en el carro, no los detecta, la opción “Aceptar” de la pantalla de trazabilidad estará activa. Tras pulsar sobre este botón, el carro avanza hasta el puesto 2.

7.3.2.2. Montaje final 2



Figura 7.11. Carro a la llegada al puesto 2

En el puesto de montaje final 2, se cierra el lateral de la carcasa del lado de la polea. Para poder tapar esta zona se utilizan dos tapas de fundición. Una de ellas cubre todo el lateral y la otra envuelve el eje de salida de la polea hasta conseguir una total estanqueidad.



Figura 7.12 Tapas de cierre lateral del lado de la polea

El proceso en el puesto 2 comienza con el posicionamiento de la corona que engrana con el embrague C1 en el eje intermedio y la anilla elástica que evita el desplazamiento de éste. Posteriormente, se introduce el eje de salida de la polea y así se completa la colocación de todos los premontajes en la caja. Tras aplicar grasa en los 2 rodamientos que contiene este eje y colocar 3 segmentos en las ranuras del eje para evitar fugas de aceite, se posiciona la tapa de fundición que cubre el lateral la carcasa.

La carcasa de fundición contiene un alojamiento en el que se prensa un rodamiento de bolas para que el eje intermedio gire respecto de ella.

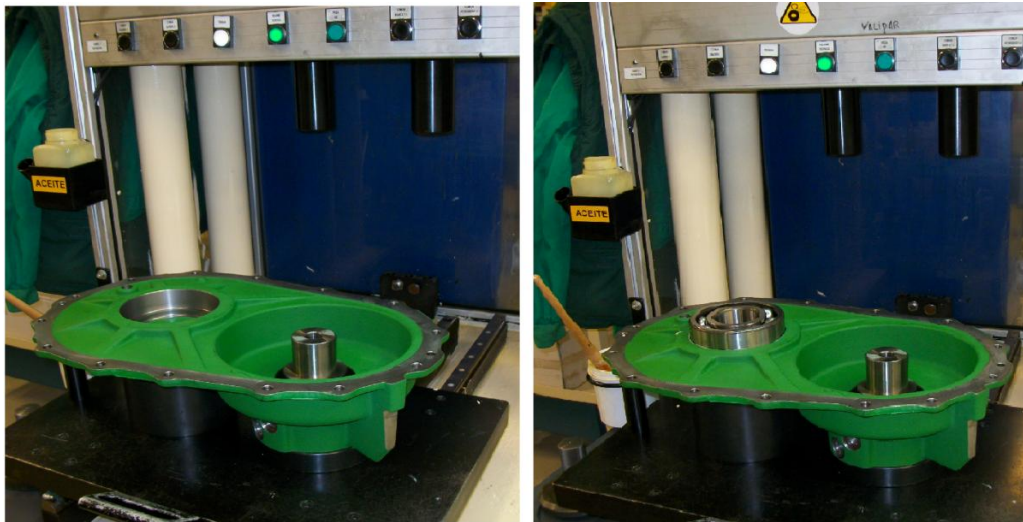


Figura 7.13. Tapa de fundición con rodamiento de bolas

Para evitar posibles fugas entre la carcasa y la tapa, se aplica silicona aeróbica que sella en contacto con el aire sobre el borde de la primera. Posteriormente, con una pistola de par de aproximación se ajustan los 14 tornillos que contiene esta tapa. Una vez que todos los tornillos asientan sobre la carcasa, se procede a dar el par final de 75 Nm con la pistola neumática de par final.



Figura 7.14. Tapa de fundición

A continuación, se procede con el reglaje del eje de salida de la polea. Para ello, se introduce una pista que protege la tapa de fundición que envuelve al eje y el rodamiento de éste.

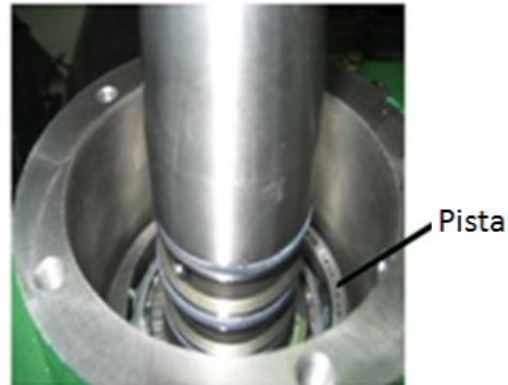


Figura 7.15. Pista ubicada en eje de salida de la polea

Este reglaje debe tener una precarga entre 0 y 0,1 mm. Para realizar una primera aproximación del valor de suplementos que se deben introducir para conseguir esa precarga, se utiliza un suplemento esclavo de 2,92 mm entre la tapa de fundición y la tapita que protege el eje. Con ayuda de un útil de reacción y un reloj comparador, se mueve el eje de salida de la polea y se observa la holgura que marca el comparador.



Figura 7.16. Reglaje eje de salida de la polea

Este dato se introduce en la pantalla de trazabilidad de forma manual y ésta devuelve el valor de suplementos que se deben introducir para conseguir la precarga estimada por el rodamiento del eje de salida de la polea.

Una vez que se han introducido los suplementos para conseguir la precarga de 0 a 0,1 mm y se colocan 3 anillos tóricos para evitar fugas entre las dos tapas de fundición, se vuelve a comprobar que el reglaje es el correcto. Una vez verificado que el valor de precarga es el óptimo, se enroscan los 5 tornillos que unen ambas tapas de fundición con una pistola neumática de par final de 37 Nm.

Para finalizar, se coloca un retén alrededor del eje de salida de la polea que cierra totalmente este lateral se colocan 3 racores. Cuando todos los valores que exige trazabilidad son correctos y el sensor colocado en los alojamientos para el cojinete y la pista esclavos está vacío, es posible pulsar la opción de “Aceptar” en trazabilidad y el carro avanza hasta el puesto 3.

7.3.2.3. Montaje final 3

La caja llega al puesto 3 con la tapa de aluminio atornillada de forma provisional. Esto es así ya que en este puesto, se realiza su manipula y, por lo tanto, se debe desatornillar.



Figura 7.17. Carro a la llegada al puesto 3

El primer procedimiento que se realiza es el reglaje del eje de salida del cuerpo de válvulas. Para ello, se mueve este eje con ayuda de un útil para hacer reacción sobre el eje. El reloj comparador se sitúa de forma que mida el movimiento axial del eje. El valor que muestra el reloj comparador es un valor aproximado debido a que en la tapa de aluminio están el rodamiento y la pista esclavos que se introdujeron en el puesto 1. La Figura 7.18 muestra el procedimiento a seguir para obtener el valor de la holgura del eje:

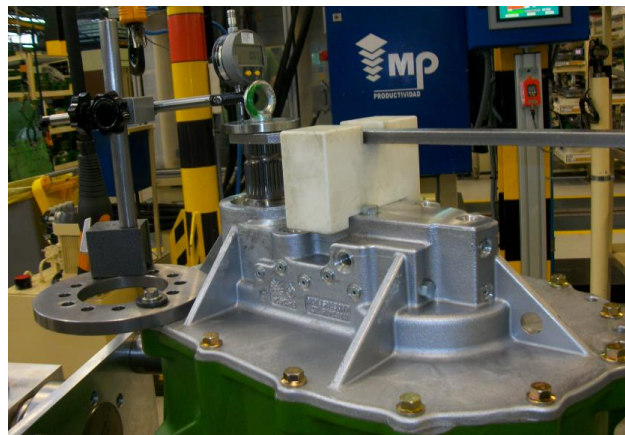


Figura 7.18. Regale eje de salida del cuerpo de válvulas

Una vez que se obtiene un valor aproximado de la holgura y se introduce en la pantalla de trazabilidad de forma manual, se obtiene el valor de los suplementos necesarios para cumplir con un juego de 0 a 0,10 mm. Estos suplementos se introducen entre la pista que acompañará finalmente a la caja y el alojamiento en la tapa de aluminio para él. Se debe aplicar grasa en este alojamiento para poder introducir con mayor facilidad la pista. En ese momento, igualmente, se cambia el rodamiento esclavo por el rodamiento que llevará la caja finalmente. Ambos se introducen con una prensa. Las Figura 7.19 muestran el procedimiento que se sigue:

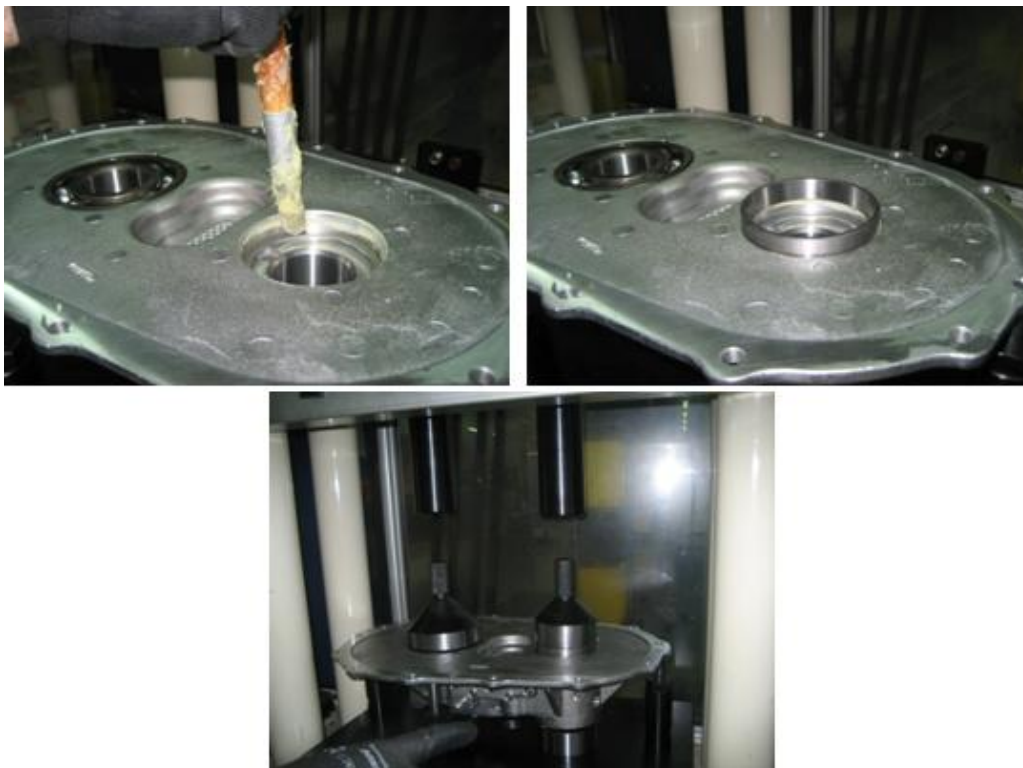


Figura 7.19. Introducción en tapa de aluminio del cojinete y la pista

Una vez que la tapa contiene los rodamientos y la pista finales, se posiciona la tapa de aluminio sobre la carcasa. Anteriormente, se aplica silicona sobre la carcasa para evitar fugas y se colocan 4 segmentos en las ranuras del eje de salida del cuerpo de válvulas y 4 en el eje intermedio para evitar fugas de aceite. Tras atornillar la tapa de aluminio con un par de 75 Nm, se vuelve a hacer este reglaje para verificar que existe el juego determinado por el fabricante y así conseguir una vida óptima del rodamiento.

Finalmente, se colocan un retén alrededor del eje de salida para conseguir una completa estanqueidad y 6 racores. El eje de entrada se posiciona sobre la carcasa para en el siguiente puesto montarla.

Si todos los valores que aparecen en la pantalla de trazabilidad y el kit con los elementos esclavos son correctos, en trazabilidad estará disponible la opción “Aceptar” y el carro puede avanzar hacia el puesto 4.

7.3.2.4. Montaje final 4

A la llegada de la caja al puesto 4, sus dos laterales ya están montados y con el reglaje de los dos ejes de salida realizados. Por lo tanto, en este puesto se realiza el reglaje del eje de entrada, que determina la holgura entre los dientes de los engranajes cónicos del eje de entrada y el de salida del cuerpo de válvulas. Este juego entre dientes debe ser de entre 0 y 0,1 mm.



Figura 7.20. Carro a la llegada al puesto 4

Para realizar este reglaje, se comienza introduciendo suplementos con un valor de aproximadamente 2,20 mm entre la carcasa del eje y la carcasa principal. A continuación, se bloquea el eje de salida del cuerpo de válvulas, para poder medir el juego que existe entre los dientes de los 2 engranajes cónicos moviendo únicamente el eje de entrada. Este valor se obtiene con un reloj comparador y se introduce de forma manual en la pantalla de trazabilidad, al igual que el valor de suplementos.



Figura 7.21. Reglaje eje de entrada

La siguiente foto tomada de la pantalla de trazabilidad del puesto 4 muestra el cálculo a seguir para la obtención de la medida de los suplementos que se deben introducir para obtener el juego más apropiado para optimizar la vida útil de los engranajes cónicos.



Figura 7.22. Pantalla de trazabilidad en puesto 4

El valor constante de 0,25 es la suma del backlash que proporciona el fabricante como 0,20 mm más un valor constante de 0,05 debido a la compensación del espesor del anillo tórico una vez colocado y apretado. Al realizar las operaciones que se muestran en la Figura 7.22, el sistema de trazabilidad devuelve un valor en la casilla “Paquete” que muestra la medida de suplementos que se deben introducir. En la casilla “Suplementos” se debe introducir de forma manual el valor de los suplementos que se utilizan. Si este dato es el mismo que devuelve trazabilidad en la casilla “Paquete” con una tolerancia de $\pm 0,05$ mm, la casilla “Suplementos” se tornará en verde, validando la medida de suplementos introducidos.

Una vez que se regla el backlash, se colocan 3 tuberías que conducen el aceite por la caja. Además, se ajustan 5 racores ciegos para realizar la prueba de fugas de aire para comprobar la estanqueidad de la caja.



Figura 7.23. Prueba de fugas de aire

En este proceso se introduce aire a 1 bar de presión durante 90 segundos con la caja totalmente estanca y durante los 10 segundos posteriores se estabiliza el aire. El fugómetro registra la variación de presión que sufre el aire introducido. Esta variación no puede ser superior a 0,10 Pa. Si este valor es correcto se continúa con el proceso de montaje. Si por el contrario se producen fugas de aire y no se encuentra el lugar por donde fuga, la caja es mala y, por lo tanto, se debe trasladar hasta la zona de reproceso. Este valor de fugas se incluye automáticamente en el sistema de trazabilidad.

A continuación, se voltea la caja 90° para colocar la polea sobre su eje de salida. Para ello, ésta se traslada desde el carro provisto de varias poleas hasta la caja.



Figura 7.24. Carro para el traslado de poleas

Cuando la polea está situada sobre el eje, se coloca un freno para evitar que la polea gire sobre el eje y se aprieta la tuerca de sujeción con el atornillador eléctrico con un par de 328 Nm.

Finalmente, se desatornillan las sufrideras que anclan la caja al carro y ésta se traslada hasta el volteador del camino de rodillos para trasladarla hasta la zona del banco de prueba.

Por último, la opción de “Aceptar” para desenclavar el carro aparece cuando todos los valores de trazabilidad son correctos. Una vez que esto es así, el carro puede avanzar hasta el puesto 1 de nuevo.

7.3.3. Zona de banco de prueba

La zona en la que se encuentra el banco de prueba, donde se somete a la caja de transmisión de 5 velocidades a diferentes pruebas de rodadura e hidráulicas para confirmar su buen funcionamiento, no ha sufrido modificaciones respecto a la distribución inicial de la línea.

Cuando la caja llega al final del camino de rodillos motorizado, el operario encargado de rodarla, la eleva con ayuda del polipasto. Posteriormente, la transmisión se apoya sobre unos tacos para fijarla y evitar su movimiento durante la prueba. En los racores colocados durante el proceso de montaje final, se enchufan diferentes mangueras por las que fluye el aceite que recorre la caja para lubricarla. Además, se realizan las conexiones a las 5 válvulas mediante un conjunto de cables que simula la conexión que se realiza en la cosechadora.

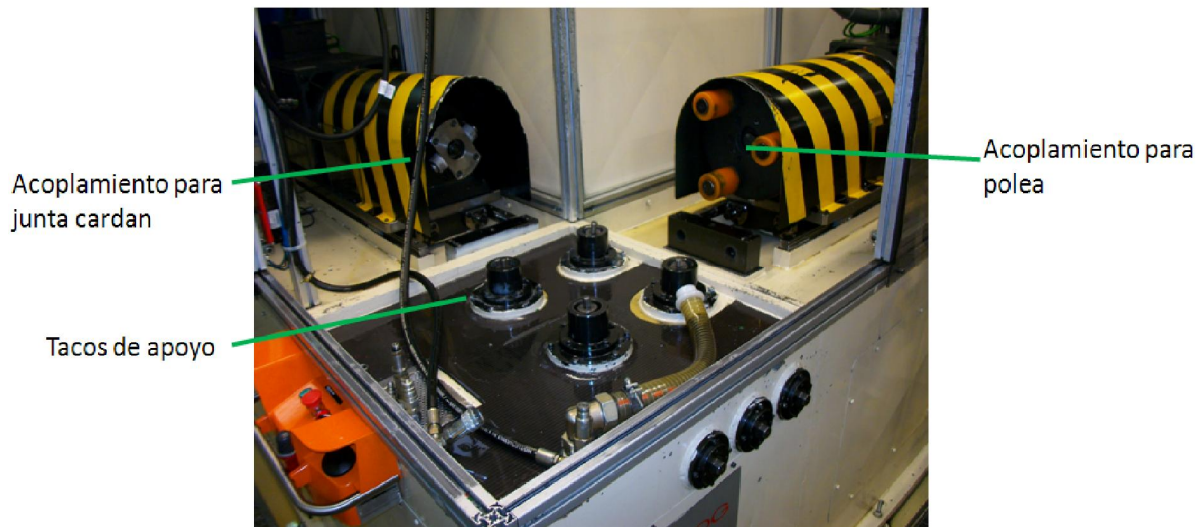


Figura 7.25. Banco de pruebas hidráulicas y de rodadura

Durante las diferentes pruebas hidráulicas y de rodadura que realiza el banco, éste genera un informe con los valores de las pruebas.

Tras la realización de la prueba, se colocan diferentes tapones en los racores y se deposita la caja junto al banco para posteriormente transportarla hasta la zona de pintura y embalaje.



Figura 7.26. Caja de transmisión en banco de prueba

7.3.4. Zona de reproceso

La zona para el reproceso de las cajas que no sean válidas es totalmente nueva. En la línea inicial, cuando una caja era defectuosa, en el mismo puesto de montaje se reprocesaba.

Los principales motivos por los cuales las cajas de transmisión deben ser reprocesadas son:

1. Fugas de aceite en los embragues durante la prueba de rodadura.
2. Fugas en la tapa de aluminio detectadas al hacer la prueba de fugas de aire durante el montaje.

En el primero de los casos, la caja contiene aceite debido a las diferentes pruebas a las que se la somete en el banco. Por motivos de seguridad del sistema de inducción y por mantener la limpieza de la zona de montaje final, esta caja no puede ser llevada a la línea de montaje para ser reprocesada.

En el segundo caso, la manera más sencilla para detectar el lugar por el que fuga el aire de la caja es aplicar jabón diluido en agua sobre ella. De esta manera, el aire que escapa al exterior crea una burbuja de jabón, haciendo visible el poro u orificio. Por los mismos motivos que en el caso 1, esta caja no puede ser reprocesada en la zona de montaje final.

Por estos motivos, principalmente, se crea una zona para el reproceso de las cajas. Además de esto, en esta área también es posible realizar el proceso de montaje final unificado de una caja.

Esta zona está distribuida de manera similar a un puesto de montaje final de la línea inicial. Existe un único puesto provisto de todos los útiles para el ensamblaje de la caja. Para el aprovisionamiento de los premontajes, se dispone de un carro como el utilizado para trasladar éstos hasta la zona de contingencia.

Las cajas defectuosas se depositan en un camino de rodillos y con ayuda de un volteador se posicionan de forma que puedan trasladarse hasta el puesto de montaje.



Figura 7.27. Camino de rodillos y volteador en reproceso

Una vez que la caja está fija al banco de rodaje, se realiza el proceso necesario para repararla. Todos los pares finales sobre los tornillos se dan con la pistola eléctrica y para los pares de aproximación se utiliza una pistola neumática. Se dispone de todos los útiles necesarios para el montaje de la caja a excepción de la prensa para alojar los cojinetes y la pista en las tapas de aluminio y fundición.



Figura 7.28. Puesto de montaje en reproceso

Por último, cuando la caja está finalizada, se gira en el volteador y se retorna al camino de rodillos que comunica la zona de montaje final con el banco para posteriormente rodarla nuevamente en el banco de prueba.

7.4 Tiempo estándar del proceso de montaje y rodadura en la nueva línea

La nueva línea de montaje mantiene el proceso de ensamblaje de la caja de transmisión de 5 velocidades. Sin embargo, al cambiar la distribución del material y pasar a ser un montaje en cadena, los tiempos estándar varían ligeramente. Esto es así en la zona de montaje final que es la que sufre grandes variaciones. En la zona de premontajes y banco de prueba, el tiempo estándar es el mismo que en la línea inicial.

Una vez que el proceso de montaje final está consolidado y las incidencias se reducen notablemente, la puesta a punto de la línea se finaliza. A partir de entonces, el procedimiento de montaje es constante, sin sufrir alteraciones, al igual que el tiempo empleado para ello.

En ese momento, es posible comenzar con la toma del tiempo estándar del proceso. Esto se realiza como se ha explicado anteriormente en el apartado 5.3 Sistema de tiempos.

Para respetar la confidencialidad de John Deere Ibérica en los tiempos de montaje, se supone un tiempo de 599,21 horas por cada 100 cajas montadas y rodadas. Debido al anterior motivo, el tiempo de montaje final de la caja, igualmente supuesto, es de 3,329 horas por caja.

7.4.1. Tiempos estándar de reproceso

En la zona de reproceso, el tiempo estándar es variable en función del fallo que tenga la caja, ya que el tiempo de reproceso puede variar. En el caso de utilizar el puesto para el montaje completo de una caja, el estándar que se aplica es de un 5,4% más del estipulado para el montaje final de una caja en la línea inicial. Por lo tanto, se supone un tiempo de montaje en la zona de reproceso de 365,147 horas para el ensamblaje de la caja.

7.5 Capacidad de producción de la nueva línea de montaje

Una vez obtenido el nuevo tiempo estándar del proceso de montaje, se observa que es menor que en la línea inicial. Además de lo anterior, el número de operarios que pueden trabajar en la zona de montaje final se duplica de 2 a 4. Esto conlleva a un aumento considerado de la capacidad de la nueva línea de montaje. Por lo tanto, con el supuesto estándar, para conservar la confidencialidad de la empresa, de 3,329 horas para guardar la confidencialidad d la empresa, 4 operarios montando en la zona de montaje final, una eficiencia del 130% y sin incidencias que retrasen la producción, la capacidad de la línea es la que se muestra a continuación:

$$n^{\circ}_{cajas_turno} = \frac{Horas_turno * eficiencia * puestos_montaje}{tiempo_estándar_caja}$$

$$n^{\circ}_{cajas_turno} = \frac{8 * 1,3 * 4}{3,3291} = 12,49 \text{ cajas/turno}$$

7.6 Modificaciones y mejoras

Las modificaciones realizadas en la nueva línea están enfocadas a mejorar la seguridad de los operarios, la calidad del producto y la productividad de la línea de montaje.

7.6.1. Seguridad

La seguridad del operario ha aumentado gracias a los diferentes sistemas de seguridad que componen el carro de transporte de la caja. Como se ha explicado en el apartado 6.2.3 Componentes del sistema de seguridad, el carro dispone de distintas medidas de seguridad para evitar accidentes e incidentes.

Una de las nuevas medidas de seguridad que se han tomado en la nueva línea es el escáner de presencia situado en el carro de transporte, ya que la línea inicial no disponía de ninguno. Éste dispone de 3 zonas de vigilancia como se muestra en la Figura 7.29.

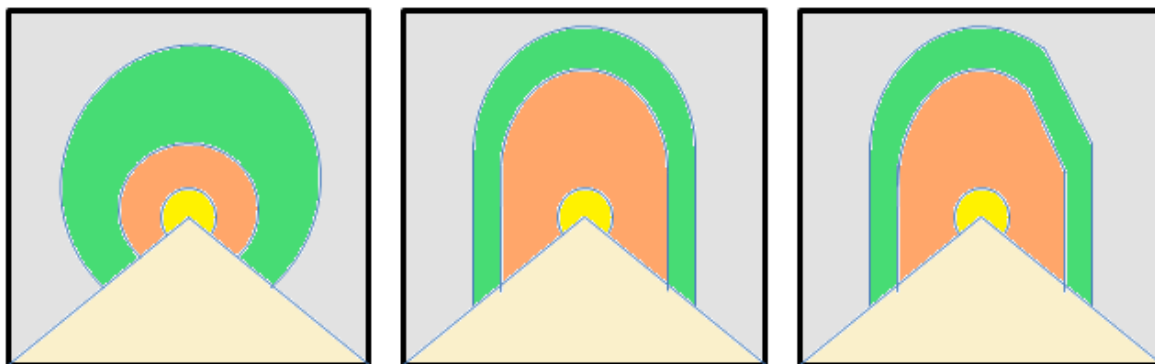


Figura 7.29. Posiciones del escáner

La franja amarilla simula la posición del escáner en el carro. La primera imagen muestra la zona de vigilancia del escáner cuando el carro está parado en el puesto. En ese momento, el escáner manda la información que detecta al motor de rotación del

volteador que gira la caja. Por un lado, cuando el escáner detecta presencia en la zona verde (“warning”), el volteador disminuye su velocidad. Por otro lado, si se interrumpe la zona naranja (“seguridad”), el motor de giro se detiene inmediatamente. Al igual que con el motor de volteo, esto ocurre con el motor de traslación del carro. Esto se describe en la segunda y tercera imagen. Cuando el operario interrumpe la zona verde, la velocidad disminuye. Cuando se introduce en la zona de seguridad, el motor de avance del carro se detiene completamente. La última figura describe la zona de paso por la primera curva en el transcurso del puesto 2 al puesto 3. En los 3 casos, al romper la barrera de seguridad introduciéndose en la zona naranja, para reanudar el movimiento del motor se deben rearmar las seguridades del carro pulsando el botón destinado para ello en el armario posterior.

7.6.2. Calidad

La calidad de la caja de transmisión de 5 velocidades se ha mejorado mediante la implementación de un sistema de trazabilidad más riguroso que el existente en la línea de montaje inicial. Este sistema de trazabilidad no permite avanzar el carro hasta el siguiente puesto en caso de cometer algún fallo, como puede ser en el reglaje o en el apriete de los tornillos. De esta manera se reducen el número de cajas defectuosas durante la prueba de rodadura o una vez que la caja se ha enviado al cliente.

Otra mejora en calidad se ha conseguido con los sensores de detección del rodamiento y pista esclavos. Con este sistema, la probabilidad de introducir uno de éstos en la caja de forma definitiva es nula. De esta manera, se asegura la utilización de los elementos esclavos únicamente entre el puesto 1, donde se introducen en la caja, al puesto 3, donde se devuelven al carro. Además de los sensores, el rodamiento y la pista esclavos están pavonados de forma que son de un color diferente a los definitivos.

Además de las mejoras anteriores, la ubicación para depositar el eje de entrada en el puesto 1, asegura que la pareja de engranajes cónicos vaya montada en la misma caja. De esta manera, se asegura que el backlash es el óptimo para el grupo cónico y no se produce un desgaste prematuro de los dientes.

7.6.3. Productividad

La máxima productividad de la nueva línea se ve aumentada en aproximadamente el doble del máximo que podía alcanzar la línea inicial. Esto es así debido, principalmente, a que en la zona de montaje final, que es el cuello de botella del proceso, se ha duplicado el número de puestos de montaje. Además, el supuesto tiempo estándar del proceso se ha reducido en aproximadamente 8 horas por cada 100 cajas. Por lo tanto, en el supuesto anterior de horas estándar, el aumento de productividad debido a la reducción del tiempo estándar es el siguiente:

$$aumento_productividad_(\text{tiempo_estándar}) = \frac{\text{tiempo_estándar_línea_inicial}}{\text{tiempo_estándar_línea_final}}$$

$$aumento_productividad_(\text{tiempo_estándar}) = \frac{346,4}{332,931} = 1,04$$

Esto se traduce en que por cada 100 piezas montadas en la línea inicial, sería posible conseguir 104 cajas.

Por otra parte, al duplicar el número de puestos de montaje, la capacidad de producción aumenta proporcionalmente. El aumento obtenido de esta mejora se muestra a continuación:

$$aumento_productividad_(\text{capacidad}) = \frac{\text{capacidad_línea_inicial}}{\text{capacidad_línea_final}}$$

$$aumento_productividad_(\text{tiempo_estándar}) = \frac{6}{12,49} = 0,48$$

Es decir, la capacidad máxima de producción se ha aumentado en un 48% respecto a la línea inicial.

Además, existen diferentes escenarios para el montaje, es decir, puede montar desde un solo operario hasta 4. La flexibilidad que se obtiene permite el montaje en la línea en el caso de no disponer de todo el personal.

En la nueva zona para el reproceso de cajas defectuosas es posible tanto reparar una caja como montarla completamente. De esta manera, en el caso de exceso de mano de obra o necesidad de aumentar la producción, es posible el montaje de cajas completas en este puesto siguiendo el procedimiento de montaje de la línea inicial con todo el proceso unificado. Así mismo, al contar este puesto con sistema de trazabilidad, el seguimiento de la caja y la calidad de ésta se aseguran.



Capítulo 8: Estudio económico

8 ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 Presupuesto

El presupuesto destinado al cambio de la línea de montaje de cajas de transmisión de 5 velocidades es de 520.000€. Los detalles de las inversiones y gastos se muestran en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Detalles de la inversión en la nueva línea de montaje

Actividad	Inversión/Gasto
Nueva zona de montaje final	320.500 €
Trazabilidad	70.000 €
Herramientas de montaje	9.500 €
Instalación	63.000 €
Obra civil	15.000 €
Controlador del sistema inductivo	27.000 €
Línea de contingencia	15.000 €
TOTAL	520.000€

Las empresas encargadas de llevar a cabo el proyecto son DSV, Ferroser, Reinos, MSAP y John Deere Ibérica (JDISA). En los apartados 8.1.1 DSV, 8.1.2 Ferroser, 8.1.3 Reinos, 8.1.4 MSAP y 8.1.5 JDISA se detalla el coste que supone cada una de ellas:

8.1.1. DSV

Tabla 8.2. Presupuesto DSV

Trabajos realizados/Materiales	Descripción		€
	Sistema de inducción, carros de transporte, trazabilidad		305.300,00
Mano de obra	€/hora	Horas	€
	42	283	11.873,00
Gastos secundarios	Descripción		€
	Desplazamiento, dietas		2.512,00
€TOTAL			319.685,00

8.1.2. Ferrosar

Tabla 8.3. . Presupuesto Ferrosar

Trabajos realizados/Materiales	Descripción		€
	Instalación materiales en nueva línea, instalación línea de contingencia		26.123,00
Mano de obra	€/hora	Horas	€
	45	125	5.625,00
Gastos secundarios	Descripción		€
€TOTAL			31.748,00

8.1.3. Reinosa

Tabla 8.4. Presupuesto Reinosa

Trabajos realizados/Materiales	Descripción		€
	Obra civil		11.435,00
Mano de obra	€/hora	Horas	€
	38	94	3.565,00
Gastos secundarios	Descripción		€
€TOTAL			15.000,00

8.1.4. MSAP

Tabla 8.5. Presupuesto MSAP

Trabajos realizados/Materiales	Descripción		€
	Volteador reproceso, camino de rodillos reproceso y premontajes-montaje final, estanterías dinámicas, puentes grúa montaje final, instalación del tramex		91.228,00
Mano de obra	€/hora	Horas	€
	23	26	598,00
Gastos secundarios	Descripción		€
	Reajuste de caminos de rodillos		658,00
€TOTAL			92.484,00

8.1.5. JDISA

Tabla 8.6. Presupuesto JDISA

Mano de obra	Departamento	Personal	€/hora	Horas	€
	Ustillaje	Operario	68	40	2.720,00
		Empleado	92	15	1.380,00
	Manufactura	Empleado	92	246	22.623,00
	Producción	Operario	61	172	10.492,00
		Empleado	92	180	16.560,00
	Mantenimiento	Operario	68	120	8.160,00
		Empleado	92	25	2.300,00
€TOTAL					64.244,00

8.2 Ahorros obtenidos

8.2.1. Mano de obra con nocturnidad

El aumento de capacidad de producción en la nueva línea permite eliminar el turno de noche. El plus por nocturnidad que recibe el operario tiene un coste de 39€ por turno de noche trabajado.

En la línea inicial existían 3 turnos de trabajo y uno de ellos es el correspondiente al nocturno en el que semanalmente trabajaban 4 operarios. Con la eliminación de este turno, es posible un ahorro de 31.980€ como se muestra a continuación:

$$ahorro_{MO_{nocturnidad}} = \text{€}_{nocturnidad} * \text{días_trabajados_año} * n^{\circ}_operarios$$

$$ahorro_{MO_{nocturnidad}} = 39 * 205 * 4 = 31.980 \text{ €/año}$$

8.2.2. Mano de obra en reproceso de cajas

Las diferentes medidas implantadas para mejorar la calidad del producto repercuten en un aumento desde el 95% al 98% de cajas válidas a la primera. Esa mejora del 3% en la calidad del producto implica una reducción del tiempo empleado en el reproceso de cajas. Por un lado, el coste horario de cada empleado es de 61€. Por otro lado, el tiempo de reproceso de cajas es variable en función del fallo que contenga, sin embargo, la media obtenida durante los últimos 10 reprocesos es de una ocupación de 2,71 horas en cada reproceso. Con los datos anteriores, es posible obtener el ahorro obtenido en la reducción de cajas que deben ser reprocesadas.

$$ahorro_{MO_{reproceso}} = \%_{reducción} * \text{horas_turno} * \text{turnos} * \text{€/hora} * \text{días_año}$$

$$ahorro_{MO_{reproceso}} = 0,03 * 8 * 2 * 61 * 205 = 6002,4 \text{ €/año}$$

8.2.3. Mano de obra en bajas laborales

Durante los últimos 5 años, el número de días totales con bajas de operarios debidas a accidentes laborales es de 63 días. Con los nuevos sistemas de seguridad implantados en la nueva línea de montaje, el objetivo a conseguir es de una media de 7 días anualmente, frente a los 12 días de media al año durante los años anteriores.

Con la reducción de 5 días anuales de baja laboral de un operario se obtienen unos ahorros que se muestran a continuación:

$$\text{ahorro_MO_baja} = \text{reducción_días} * \text{horas_turno} * \frac{€}{\text{hora}}$$

$$\text{ahorro_MO_baja} = 9 * 8 * 61 = 4392 \frac{€}{\text{año}}$$

8.3 Resumen económico

Como se ha podido observar en el apartado 8.1 Presupuesto, el presupuesto inicial de 520.000 € se ha cumplido satisfactoriamente.

Tabla 8.7. Resumen de costes

Empresa	€
DSV	319.685,00
Ferrosfer	31.748,00
Reinosa	15.000,00
MSAP	103.142,00
JDISA	62.244,00
TOTAL	520.000,00

El total de ahorros obtenidos con las nuevas implementaciones, se resume en la Tabla 8.8.

Tabla 8.8. Resumen de ahorros

Ahorro	€año
Mano de obra con nocturnidad	31.980,00
Mano de obra en reproceso de cajas	6.002,4
Mano de obra en bajas laborales	4.392,00
TOTAL	42.377,00



Capítulo 9: Conclusiones

9 CONCLUSIONES

Como se ha visto a lo largo del proyecto, los objetivos finales que se pretenden conseguir con la implementación de la nueva línea de montaje están relacionados con la seguridad, calidad y productividad. A su vez, se logra una reducción en los costes debido a la optimización de las 3 variables anteriores.

1. La capacidad de producción de la línea se ha duplicado con la nueva línea de montaje final. Al disponer de un puesto unificado de montaje en la zona de reproceso de cajas defectuosas, cabe la posibilidad de montar 3 cajas más por turno utilizando el estándar de montaje final de la línea inicial, ya que el proceso es idéntico a como lo era entonces.

La siguiente tabla muestra el supuesto resumen de aumento de capacidad y reducción de tiempos estándar:

Tabla 9.1. Resumen del aumento de productividad

	Línea Inicial	Línea Nueva	% Mejora
Capacidad de producción por turnos (cajas)	6	12,49	48 %
Tiempo estándar en zona de montaje final (horas/100cajas)	346,4	332,931	3 %
Tiempo estándar de montaje completo y rodadura (horas/100cajas)	611,88	604,11	1,2 %

Con los datos anteriores de productividad y los futuros requerimientos aportados en el apartado 5.6 Requerimientos de producción, se observa que con dos turnos

en el que trabajen 4 personas en el montaje final, es posible cubrir la demanda de cajas. A continuación, se muestran los datos que lo confirman:

$$capacidad_mensual = n^{\circ}_cajas_turno * n^{\circ}_turnos * días_mes$$

$$capacidad_mensual = 12,49 * 2 * 22 = 549 \text{ cajas/mes}$$

2. El objetivo de eliminar el turno de noche se ha conseguido. La línea se ha diseñado de forma que pueda afrontar la demanda en los años futuros mediante únicamente 2 turnos. Esto provoca una reducción de costes de 31.980€ anuales al eliminar el turno de noche que por razones de nocturnidad es más caro. Además de por el motivo económico, el beneficio de eliminar el turno de noche repercute relevantemente en la productividad. Esto es así ya que durante la noche no se disponen de los medios necesarios para solventar los diferentes problemas que puedan surgir.
3. El proceso estandarizado de montaje final dividido en puestos y el sistema de trazabilidad robusto unidos a las mejoras puntuales consiguen una reducción de cajas defectuosas. Con estas medidas se eliminan las posibilidades de error en el montaje, lo que deriva en un aumento de cajas buenas a la primera. Estos hechos repercuten directamente en la calidad del producto y la satisfacción del cliente. De igual manera, se producen unos ahorros anuales de 6002€ en reprocesos y la productividad se ve aumentada.
4. Los medios implantados de seguridad reducen las ocasiones de incidentes y accidentes. Además, la ergonomía de la zona de trabajo ha aumentado al hacer el acceso a ésta más fácil y seguro. A pesar de lo anterior, el dato de accidentes e incidentes es un medible a medio plazo, por lo tanto, aún no se ha podido



corroborar que la reducción media de riesgos laborales haya disminuido el objetivo planteado al principio del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Espacio MotorGiga. [En línea] Disponible en World Wide Web:
<<http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/cadena-de-montaje-definicion-significado/gmx-niv15-con193318.htm>> [Consulta: 15 de Noviembre de 2012]

- Biografías y Vidas. [En línea] Disponible en World Wide Web:
<<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/fotos4.htm>>
[Consulta: 9 de Noviembre de 2012]





- Inscripción de Maquinaria Agrícola, año 2011. [En línea] Disponible en World Wide Web:
<http://www.agromaquinaria.es/pdf/ventas_maquinaria/2011/INSCRIPCION_DE_MAQUINARIA_AGRICOLA_ANO_2011.pdf> [Consulta: 23 de Noviembre de 2012]

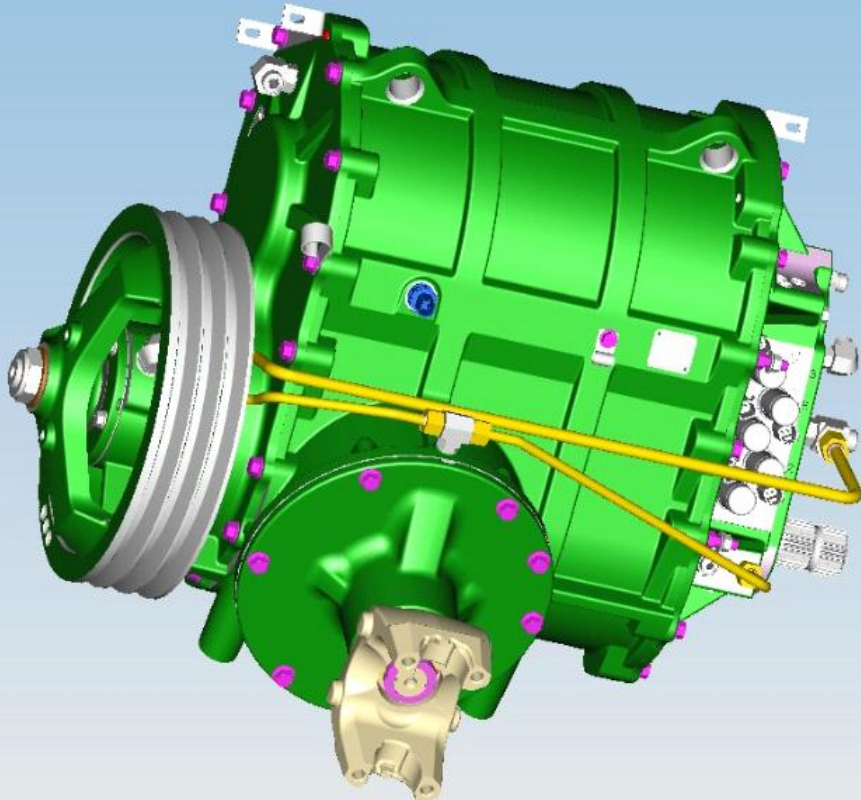
- Deere & Company . [En línea] Disponible en World Wide Web:
http://www.deere.com.mx/wps/dcom/es_MX/our_company/about_us/history/timeline/timeline.page? [Consulta: 5 de Diciembre de 2012]



ANEXO I

En el siguiente anexo se muestran las hojas de datos mecánicos con el proceso de montaje de la caja de transmisión de 5 velocidades.

 JOHN DEERE		Referencia				TasklistID/Task ID	Dispositivo	Descripción
		AXE11219						
				Producto				
				5 SPEED				
 Sistema de calidad  Contenido de trabajo  Verificación	Montaje		Documento	Operación	Página			
				M.final	1 de 26			
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio					
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva línea					



		Referencia		Tasklist/Task ID	Dispositivo	Descripción
		AXE11219				
			Producto	3	F72-10-S-203065	Gancho Carcasa
			5 SPEED	4	N-01-CP-20379	Llave dinamométrica, 80Nm
				6	F67_10_17572	buterola pista JD7425

Sistema de calidad Contenido de trabajo Verificación	Montaje		Documento	Operación	Página
					M.final
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio		
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo		
			nueva línea		

1. Coger chapa identificativa, chequear su código de barras con pistola y dejar chapa en su ubicación del carro.

2. Confirmar si el soporte del carro esta relleno con kit de rodamiento y pista esclava, tapón, chapa, guías, bases y gancho de la pezuña.

3. Enganchar carcasa, trasladar con polipasto a carro/banco de montaje, tomar 4 bases y apretar.

4. Apuntar 4 tornillos manualmente. Tomar llave de par y apretar.

5. Dar grasa al alojamiento de la pista y colocar con ayuda de buterola y mazo.

6. Colocar base de sujeción y sujetar con 4 tornillos con llave allen de 8mm.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		4	F72-10-S-202975	Gancho de la pezuña			
		Producto		4	F72-10-S-20973	Cancamo del premontaje eje intermedio			
		5 SPEED		5	F72-10-S-203071	Gancho del premontaje del embrague C1			
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="color: red; font-weight: bold;">▲</div> <div>Sistema de calidad</div> </div>	Montaje		Documento	Operación	Página				
				M. final	3 de 26				
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo nueva línea						
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="color: green; font-weight: bold;">■</div> <div>Contenido de trabajo</div> </div>									
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="color: blue; font-weight: bold;">●</div> <div>Verificación</div> </div>									




1. Girar 180°.



2. Medir con el reloj comparador el valor de los suplementos.




3. Introducir suplementos en hueco de la carcasa. Dar grasa para colocar pista con ayuda de buterola y mazo.



4. Coger la pezuña de los rodillos y posicionar en el soporte de carro.




5. Registrar el código de la pezuña en trazabilidad.




6. Coger y colocar el premontaje del eje intermedio con ayuda del polipasto.



7. Coger y colocar el premontaje C1 del embrague con ayuda de útil.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219			1	F72-10-T-202971	Gancho del eje del grupo cónico		
				Producto		4, 5	F72-10-5-203066	Gancho del premontaje del embrague C5 y C3	
				5 SPEED		6, 7	F72-10-5-203068	Gancho del premontaje del embrague C2	
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página				
				M.final	4 de 26				
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo						
				nueva línea					

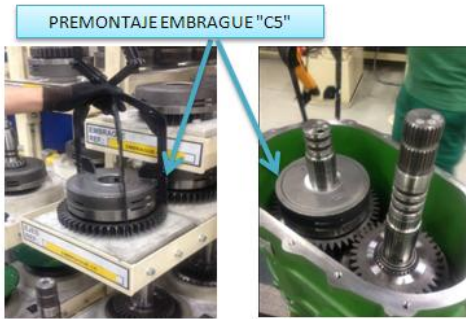


1. Coger grupo cónico correspondiente a la pezuña y dar grasa al rodamiento.




2. Montar Grupo Cónico.

3. Golpear con martillo el eje del grupo cónico.




4. Coger embrague "C5" con gancho y evacuar

5. Transladar y colocar el premontaje del embrague "C5" en la carcasa.




6. Coger embrague "C2" con gancho.


7. Transladar y colocar el embrague "C2" en la carcasa.




8. Coger corona dentada y montar en eje central con ranura hacia abajo.




9. Montar anillo elástico con alicata, en eje intermedio.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		3	F67_10_17574	BUTEROLA_INTRODUCCION_JD8918	
		Producto		4	F4931-16623	Cometa	
		5 SPEED		6	F72-10-C-202970	Gancho Tapa de Aluminio	
				7	F49_31_16623	CALIBRE EJE LADO C.V.	
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ▲ Sistema de calidad </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ■ Contenido de trabajo </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> ● Verificación </div> </div>	Montaje		Documento	Operación	Página		
				M.final	5 de 26		
	Nombre		Fecha	Descripción del cambio			
	Silvia del Rosario		11/12/2012	nueva referencia modelo			
			nueva línea				



Anillo Elástico

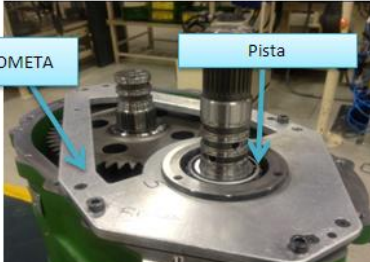


Rodamiento


1. Coger una segunda anilla y montarla en eje de grupo cónico con alicate.

2. Dar grasa a la entrada del rodamiento

3. Montar rodamiento con buterola y maza.




COMETA



Pista

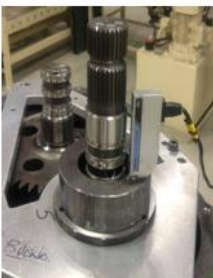
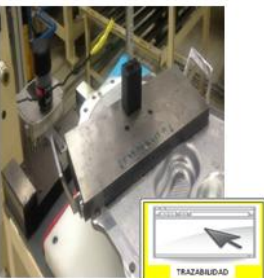
4. Colocar cometa para medir reglaje. Sujetar con 3 tornillos.

5. Colocar pista




Tapa aluminio,

6. Trasladar tapa de aluminio a mesa para realizar el reglaje.





TRAZABILIDAD

7. Colocar calibre (1,50-1,90) y anotar en la pantalla de trazabilidad.



8. Desmontar cometa y quitar pista calibrada para el posterior montaje







Pista esclava


Rodamiento esclavo

9. Coger pista esclava y posicionar en eje de grupo cónico.

10. Coger rodamiento esclavo y posicionar en eje intermedio.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		1	F67_10_17576	BUTEROLA_INSERTION_FIJAS_44M7036			
		Producto		1	F67_10_17575	MAZA_GOLPEO			
		5 SPEED		2	F67_10_17561	GUIAS_MONTAJE_TAPA_ALUMINIO			
				4, 5	F72-10-C-202970	Gancho Tapa de Aluminio			
					F67_10_17561	GUIAS_MONTAJE_TAPA_ALUMINIO			


 Sistema de calidad  Contenido de trabajo  Verificación	Montaje		Documento	Operación	Página
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio		
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo	M. final	6 de 26
			nueva línea		



2x guías roscadas


2x guías fijas

1. Coger 2 guías fijas y posicionarlas.
2. Coger 2 guías roscadas y posicionar.




TAPA DE ALUMINIO

3. Voltear tapa de aluminio 180°.
4. Tomar polipasto y gancho, y trasladar tapa hasta la caja.
5. Posicionar tapa de aluminio, golpeando con mazo de plástico hasta poner en su sitio.



6. Apuntar, manualmente, la caja con tornillos. Apretar con pistola de apriete en cruz.



7. Girar 180°.

Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripcion	
AXE11219		6		F72-10-5-203059		GANCHO CORONA CUELLO	
Producto		5 SPEED					
Montaje		Documento	Operación	Página			
			M final	7 de 26			
Nombre		Fecha	Descripcion del cambio				
Silvia del Rosario		11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				

TQC

Contenido de trabajo

Verificación

BASE

1. Quitar base, coger pistola y desenroscar tornillos de base de

2. Pulsar botón "aceptar" en la pantalla de trazabilidad.

3. Rearmar carro.

FRENO

4. Quitar freno y devolver en el camino de rodillos a premontaje.

5. Alinear corona con corona.

Corona de cuello largo

6. Coger polipasto y gancho, posicionar corona de cuello largo y trasladar hasta caja.

7. Montar corona de cuello largo .

8. Colocar anillo en corona.

Colocar anillo

		Referencia		Tasklist/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		2	F72-10-5-203061	Gancho del eje polea			
				Producto		F67_10_17592		CAMISA PROTECCION EJE_POLEA	
				5 SPEED		F67_10_17576		BUTEROLA_INSERTION_FJAS_44M7036	
▲	Sistema de calidad	Montaje	Documento	Operación	Página				
				M.final	8 de 26				
■	Contenido de trabajo	Nombre	Fecha	Descripción del cambio					
		Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo					
●	Verificación			nueva línea					

1. Confirmar número de serie de la caja en pantalla con la caja del

2. Coger eje polea y dar grasa.

3. Montar eje de salida de la polea.

4. Golpear el eje de la polea para que asiente.





5. Posicionar camisa elástica y poner segmentos.

6. Aplicar grasa al eje de salida de la polea.

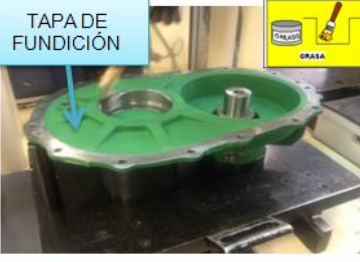
7. Dar grasa al rodamiento.


8. Aplicar aceite a la cabeza del eje.

9. Colocar guías fijas con ayuda de buterola y mazo.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		1, 9		F72-10 -C-152969		Gancho de cadenas	
				Producto					
				5 SPEED					
		Montaje		Documento		Operación		Pagina	
						M.final		9 de 26	
 Sistema de calidad		Nombre		Fecha		Descripción del cambio			
 Contenido de trabajo		Silvia del Rosario		11/12/2012		nueva referencia modelo			
 Verificación						nueva línea			


TAPA DE FUNDICIÓN





GRASA

1. Coger útil (cadenas) y polipasto, y llevar tapa de fundición al soporte de la prensa.


2. Dar grasa al alojamiento del rodamiento.



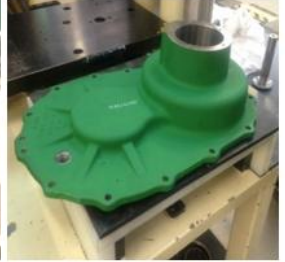
RODAMIENTO


VERIFICACIÓN


3. Colocar el rodamiento, con la referencia hacia arriba.




4. Colocar buterola y presionar bimanual, hasta presionar el rodamiento




5. Retirar tapa de la prensa y voltear tapa manualmente.

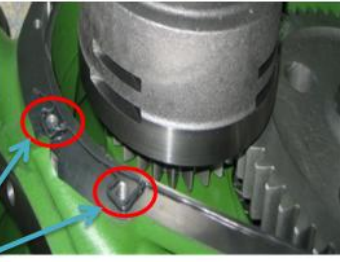

Cleanliness



6. Limpiar base de la carcasa de los restos de aceite.


Silicona





7. Aplicar silicona al lugar donde se coloca la tapa de fundición y alrededor del orificio donde se colocarán dos tornillos con lodtite.


Guías Roscadas (x2)




8. Colocar dos guías roscadas.

9. Coger útil (cadenas) y polipasto y trasladar hasta carcasa.

10. Colocar tapa de fundición.


 JOHN DEERE		Referencia				TasklistID/Task ID	Dispositivo	Descripción
		AXE11219				5		Atornillador eléctrico, 75Nm
				Producto		5	F67_10_17581	PLANTILLA_FIJACION_AH90990
				5 SPEED		8	F67_10_17580	PLANTILLA_FIJ_61H1004_61H1005_61H1024
		Montaje		Documento	Operación	Página		Llave dinamométrica, 45Nm.
					M.final	10 de 26		
▲	Sistema de calidad	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
■	Contenido de trabajo	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
●	Verificación			nueva línea				




1. Quitar guías roscadas

2. Posicionar pletina y agarradera


3. Apuntar tornillos.




4. Dar loctite a dos nuevos tornillos y colocarlos en la posición adecuada.



5. Apretar todos los tornillos con atornillador neumático, 75Nm.




6. Posicionar chapa de característica junto con 2 remaches y con ayuda de mazo.





7. Colocar racor.

8. Colocar útil y apretar con llave fija.




9. Quitar útil y dar par de apriete con llave dinamométrica, 45Nm.


 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		1	F67_10_17587	UTIL_INTRODUCCION_PISTA_EN_TAPITA			
				3	F67_10_17584	ESCLAVO REGLAJE_TAPITA			
				6	F67_10_17583	BASE_FIJACION_COMPARADOR_REGLAJE			
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página				
				M final	11 de 26				
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo						
		nueva línea							



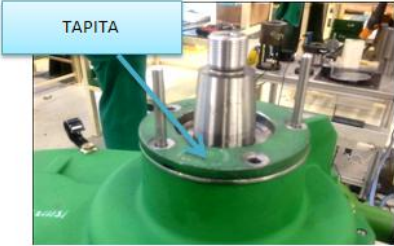
1. Colocar pista .




2. Dar un par de vueltas al embrague para que acoplen todos los



3. Colocar 2 guías y suplemento esclavo (2,92mm).



4. Colocar tapita y quitar guías.








5. Apuntar manualmente tornillos.

6. Coger base y sujetarla con otro tornillo .



9. Apretar todos los tornillos con pistola de apriete.

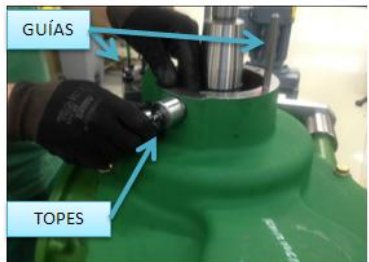
10. Comprobar que gira y golpear con martillo.

	Referencia		TasklistID/Task ID		Descripción	
	AXE11219			2	F67_10_17583	BASE_FIJACION_COMPARADOR_REGLAJE
			Producto	5	F67_10_17559	GUIAS_MONTAJE_TAPITA
			5 SPEED	10	F67_10_17578	BUTEROLA_INSERT_TAPITA
 Sistema de calidad  Contenido de trabajo  Verificación	Montaje		Documento	Operación	Página	
				M.final	12de 26	
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio			
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo			
			nueva línea			




TUERCA






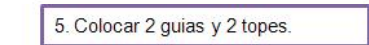
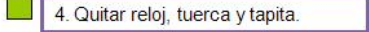
GUÍAS


TOPES

 1. Colocar tuerca . Apuntar con la mano hasta el tope.



 2. Colocar reloj. sobre la base y poner a "0".

3. Coger taco de teflón y palanca y apuntar la medida, para así saber cuántos suplementos hay que poner.





 4. Quitar reloj, tuerca y tapita.

5. Colocar 2 guías y 2 topes.





Anillos tóricos


GRASA




SUPLEMENTOS




MARTILLO





 6. Colocar anillos tóricos (x3).

7. Dar grasa a la tapita y colocar.

 8. Seleccionar, medir y colocar suplementos.

 9. Colocar tapita.

10. Colocar útil y golpear con martillo.

 JOHN DEERE		Referencia		Nivel diseño/Dec		TasklistID/Task ID	Dispositivo	Descripción
		AXE11219		B/377219		2	F67_10_17583	BASE_FIJACION_COMPARADOR_REGLAJE
				Producto		7		Atornillador eléctrico, 37Nm
				5 SPEED		8	F67_10_17592	CAMISA_PROTECCION_EJE_POLEA
 TQC  Contenido de trabajo  Verificación	Montaje		Documento	Operación	Página			
				M.final	13 de 26			
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio					
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo					
			nueva línea					



1. Apuntar manualmente tornillos (x4).
2. Coger base y sujetarla con otro tornillo.
3. Apretar todos los tornillos con pistola neumática.



4. Colocar tuerca . Apuntar con la mano hasta el tope.



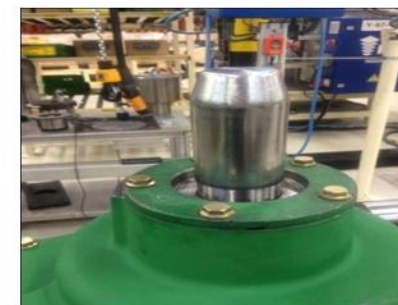
5. Colocar rejón sobre la base y poner a "0".




6. Coger taco de teflón y palanca y apuntar la medida, para así saber cuántos suplementos hay que poner.

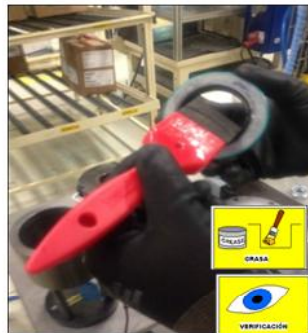


7. Colocar tornillos (x5) con atornillador eléctrico, 37Nm.




8. Colocar camisa.

 JOHN DEERE	Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
	AXE11219				2	F67_10_17577 BUTEROLA_INSERT_RETEN_AH89023
					6	N-01-CP-20024/02 Llave dinamométrica, 35Nm
			Producto			
			5 SPEED			
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página	
				M.final	14 de 26	
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio			
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo			
			nueva línea			




1. Coger retén y comprobar que tiene anillo elástico.

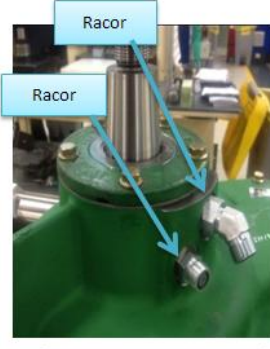
2. Dar grasa al interior del retén.




3. Posicionar retén sobre eje de polea utilizando útil.




4. Limpiar retén.




5. Colocar racores .
Apretar con llave fija.



6. Dar el par con llave dinamométrica, 35Nm.



7. Pulsar botón "aceptar" en la pantalla de trazabilidad.



8. Rearmar carro.

		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		3	F67_10_17595	UTIL_REACCION REGLAJE_EJE_CV			
		Producto		10	F72-10-C-202970	Gancho Tapa de Aluminio			
		5 SPEED							
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página				
				M.final	15 de 26				
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo						
			nueva línea						

1. Confirmar numero de serie de la caja en pantalla con la caja del carro.

2. Girar caja 180°

3. Colocar útiles de medida para el eje del grupo cónico.

4. Colocar base de medición.

5. Colocar reloj y poner a "0".


6. Colocar teflón y horquilla. Apuntar reglaje en pantalla de trazabilidad.


7. Medir en reloj los suplementos.

8. Quitar todos los tornillos de la tapa de aluminio.

9. Colocar camisa.

10. Poner gancho para quitar la tapa de aluminio.


 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		2		F72-10-C-20297	Gancho Tapa de Aluminio
				Producto			
				5 SPEED			
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-bottom: 5px;"></div> </div>	Sistema de calidad	Montaje	Documento	Operación	Página		
				M.final	16 de 26		
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				



Tapa de aluminio


1. Llevar tapa de aluminio a mesa de apoyo de la prensa.

2. Quitar útil de polipasto.



3. Dar vuelta a la tapa manualmente y posicionar en el carro de la prensa.

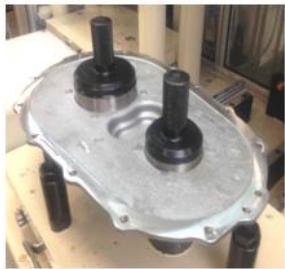
4. Dar grasa al alojamiento donde se va a colocar la pista y el rodamiento.



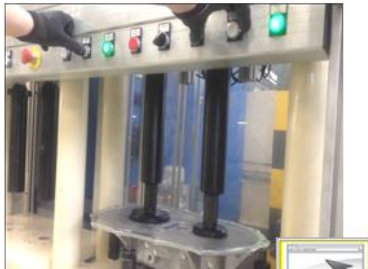
rodamiento Pista

5. Colocar rodamiento y colocar con referencia hacia arriba el rodamiento.


6. Colocar pista.




7. Colocar buterolas.



8. Meter carro y accionar prensa hasta alcanzar la presión




9. Sacar carro de la prensa y evacuar buterolas hasta su posición y limpiarlas.




Rodamiento y pista esclavos


9. Sacar carro de la prensa y evacuar buterolas hasta su posición y limpiarlas.

10. Quitar pista y rodamiento esclavo, y poner en el kit poke-yoke del carro. Colocar pista.


 JOHN DEERE		Referencia		Nivel diseño/Dec	TasklistID/Task ID	Dispositivo	Descripción
		AXE11219		B/377219	1	F67_10_17593	CAMISA_PROTECCION_EJE_CV
		Producto	6, 9	F67_10_17561	GUIAS_MONTAJE_TAPA_ALUMINIO		
		5 SPEED	7, 8	F72-10-C-20297	Gancho Tapa de Aluminio		
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ▲ TQC </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ■ Contenido de trabajo </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> ● Verificación </div> </div>	Montaje	Documento	Operación	Página			
			M.final	17 de 26			
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
		nueva línea					




1. Colocar segmentos (x4) en el eje del grupo cónico y segmentos (x3) en el eje intermedio.




2. Dar grasa al rodamiento.




3. Dar aceite a todos los segmentos y en la parte de arriba de los ejes.



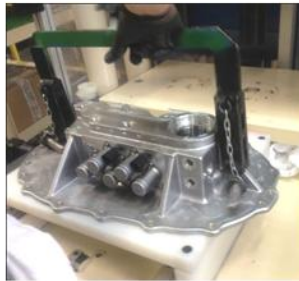
4. Limpiar los restos de aceite y grasa.




5. Dar silicona.



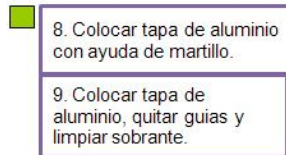
6. Poner 3 guías.




7. Coger gancho y polipasto para trasladar a la carcasa.

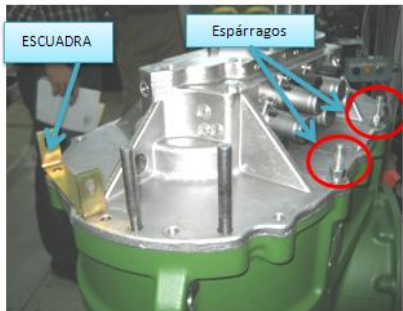


8. Colocar tapa de aluminio con ayuda de martillo.




9. Colocar tapa de aluminio, quitar guías y limpiar sobrante.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción		
		AXE11219		3		F67_10_17593		CAMISA_PROTECCION_EJE_CV		
				Producto		F67_10_17595		UTIL_REACCION_REGLAJE_EJE_CV		
				5 SPEED						
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ▲ <div>Sistema de calidad</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> ■ <div>Contenido de trabajo</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> ● <div>Verificación</div> </div> </div>	Montaje		Documento	Operación	Página					
				M.final	18 de 26					
	Nombre		Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario		11/12/2012	nueva referencia modelo						
				nueva línea						




ESCUADRA
Espárragos

1. Colocar escuadra y espárragos (x2).



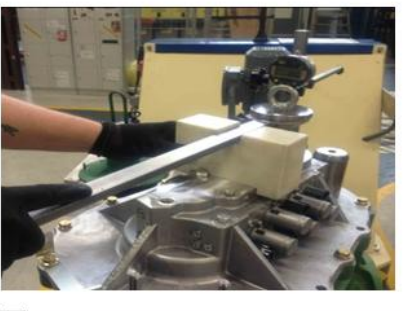
2. Apuntar manualmente tornillos (x12). Apretar posteriormente con pistola.

3. Quitar 1 guía y camisa.




4. Colocar útil y base de medición.

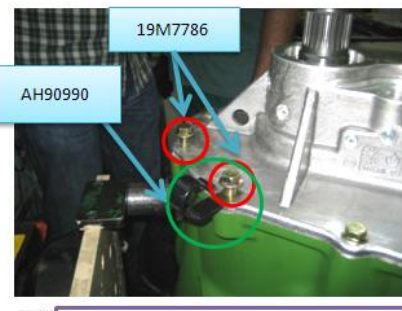
5. Colocar reloj y poner a "0".



6. Colocar teflón y horquilla. Apuntar reglaje en pantalla de trazabilidad.





7. Quitar útil y base de medición. Colocar base de medición.



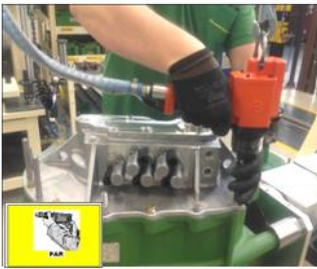
19M7786
AH90990

8. Colocar tornillos (x2) y uno de ellos con una brida.

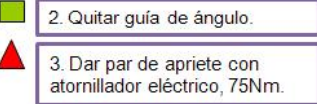
 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		2			Atornillador eléctrico, 75Nm
				Producto	5	F67_10_17577	BUTEROLA_INSERTO_RETEN_AH89023
				5 SPEED			
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página		
				M.final	219de 20		
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				




1. Colocar guía de ángulo.




2. Quitar guía de ángulo.




3. Dar par de apriete con atornillador eléctrico, 75Nm.



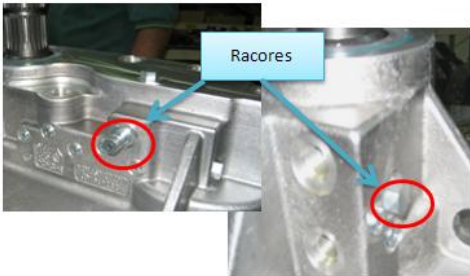
4. Dar aceite al interior del retén y comprobar que tiene el anillo elástico.




5. Colocar retén con ayuda de buterola.



6. Limpiar los restos de biruta.



7. Colocar dos racores ciegos. Apretar uno con llave de 19 y otra con la 15.




8. Colocar racores.

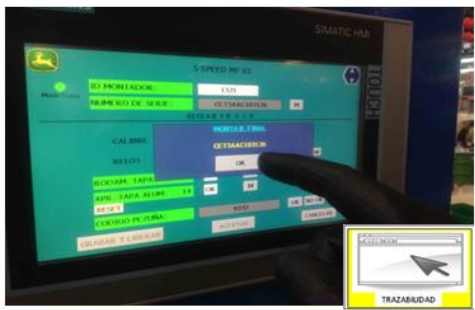
 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219					
				Producto			
				5 SPEED			
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página		
				M.final	20 de 26		
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silva del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				



1. Girar caja 90°



2. Comprobar que el nº del grupo cónico coincide con el nº del eje de entrada y registrar en trazabilidad.



3. Pulsar botón "aceptar" en la pantalla de trazabilidad.



4. Rearmar carro.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo		Descripción	
		AXE11219		2, 6	F67 10 17560	GUIAS_MONTAJE_TAPAS_PEZUÑA			
				Producto		F72-10-5-202975		GANCHO PEZUÑA	
				5 SPEED					
 Sistema de calidad  Contenido de trabajo  Verificación	Montaje	Documento	Operación	Página					
			M.final	21 de 26					
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio						
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo						
			nueva línea						



 1. Confirmar numero de serie de la caja en pantalla con la caja del carro.



 2. Colocar 2 guías.



 3. Hacer el paquete de suplementos 2,2 aproximadamente y poner paquete sobre la caja.



 4. Colocar suplementos.
 5. Coger eje de entrada.
 6. Quitar guías.



 7. Colocar tornillos (x6) y base y apretar con pistola neumática.







 8. Colocar todos los útiles necesarios para poner reloj.

	Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
	AXE11219		11			Atornillador eléctrico, 75Nm
			Producto			
		5 SPEED				
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página	
				M final	22 de 26	
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio			
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo			
			nueva línea			



1. Tomar lectura con el

2. Apuntar lectura en pantalla trazabilidad y obtener el suplemento necesario.



3. Quitar útiles de reloj y pezuña.



4. Medir los suplementos necesarios,



5. Colocar anillo tórico



6. Quitar paquete aprox de 2,2 y en base a ese paquete hacer el

7. Acoplar eje de entrada y colocar todos los útiles necesarios para poner reloj.



8. Confirmar lectura con el reloj.

9. Quitar útiles de reloj.





10. Insertar tornillo donde se sujetaba la base.

11. Apretar tornillo con atornillador eléctrico, 75Nm.




12. Poner racor .


 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		2,3, 4		N-01-CP-20046/01	Llave dinamométrica, 47Nm
		Producto					
		5 SPEED					
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página		
				M.final	23 de 26		
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				




1. Colocar tuberías.




2. Apretar con llaves fijas tuberías y dar el par de apriete con llave dinamométrica.



3. Colocar cinco ciegos y apretar con llaves fijas

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		6		I-01-CP-20010/0	Llave dinamométrica, 17Nm
				Producto			
				5 SPEED			
▲ Sistema de calidad	Montaje	Documento	Operación	Página			
			M.final	24 de 26			
■ Contenido de trabajo	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
● Verificación			nueva línea				




tornillo


1. Poner tornillo ,

2. Coger útil para prueba de fugas y roscar manualmente.

▲ 3. Hacer Prueba de Fugas.




4. Quitar los cinco ciegos.




sensor de velocidad


5. Poner sensor de velocidad .



6. Dar par con llave dinamométrica 17Nm.




7. Montar chaveta en eje.




MARTILLO


8. Golpear en muesca de eje polea con martillo metálico.




9. Girar caja 90° hacia el lado polea




10. Colocar polea .

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripción
		AXE11219		1, 3	F67_10_17579	FRENO_BLOQUEO_EJE_REGLAJE	
		Producto		2			Atornillador eléctrico, 328Nm.
		5 SPEED		5	F72-10-203091		GANCHO CAJA FINALIZADA
<div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div>	Montaje		Documento	Operación	Página		
				M.final	25 de 26		
	Nombre	Fecha	Descripción del cambio				
	Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo				
			nueva línea				




Útil
Tuerca
Arandela

1. Colocar arandela , tuerca y útil para frenar polea.




2. Apretar la tuerca con atornillador eléctrico, 328Nm.

3. Quitar freno.

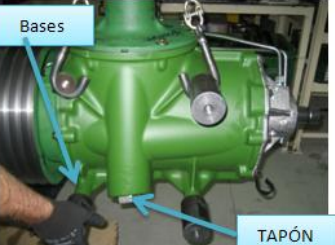


4. Girar 90º hacia el lado de la pezuña.

5. Coger Gancho y Polipasto .




6. Aflojar tacos (x4).




Bases
TAPÓN

7. Quitar bases y tapón.

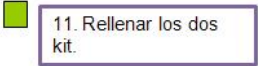


8. Transladar pieza a carril de volteo.


9. Es muy importante colocar bien el útil azul, siempre con el nº hacia arriba.




10. Accionamos bimanual.




11. Rellenar los dos kit.

 JOHN DEERE		Referencia		TasklistID/Task ID		Dispositivo	Descripcion
		AXE11219					
<div> <div>▲ Sistema de calidad</div> <div>■ Contenido de trabajo</div> <div>● Verificación</div> </div>		Montaje		Documento	Operación	Página	
					M.final	26 de 26	
		Nombre	Fecha	Descripcion del cambio			
		Silvia del Rosario	11/12/2012	nueva referencia modelo			
				nueva línea			




1. Cargar caja en el banco de rodadura.



2. Conectar tapones, ciegos y mangueras de entrada y retorno.

3. Conectar rodaje.



4. Una vez rodada la caja notificar con pistola.

